

CONSEIL INTERNATIONAL DES UNIONS SCIENTIFIQUES
INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS

UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE
INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

Bulletin of the International
Association of Scientific Hydrology

Bulletin de l'Association Internationale
d'Hydrologie Scientifique

VI^e Année - N° 3

SEPTEMBRE 1961

SEPTEMBER 1961

Bulletin paraissant 4 fois par an

Published on behalf of
THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENTIFIC HYDROLOGY
by
CEUTERICK
153, RUE DE BRUXELLES
LOUVAIN (Belgium)



CONSEIL INTERNATIONAL DES UNIONS SCIENTIFIQUES
INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS

UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE
INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

Bulletin of the International
Association of Scientific Hydrology

Bulletin de l'Association Internationale
d'Hydrologie Scientifique

VI^e Année - N° 3

SEPTEMBRE 1961

SEPTEMBER 1961

Bulletin paraissant 4 fois par an

Published on behalf of
THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENTIFIC HYDROLOGY
by
CEUTERICK
153, RUE DE BRUXELLES
LOUVAIN (Belgium)



Digitized by the Internet Archive
in 2024

I. PROPOS DE L'ÉDITEUR

I. REMARKS & NOTES BY THE EDITOR

1. Le Secrétaire est dans la joie : la générosité incroyable de la National Science Foundation de Washington 25 D.C. lui a permis de résoudre un problème qu'il croyait insoluble : la publication des Comptes Rendus et Rapports d'Helsinki.

2. Le Bulletin publie le programme du colloque d'Athènes. Plus de 70 communications ont été reçues et imprimées pour constituer la publication n° 56 de l'Association. Le Secrétaire estime que ces communications sont de la plus haute valeur scientifique qu'elles viennent heureusement compléter l'œuvre de l'Association dans ce domaine.

3. Diverses questions très importantes et nécessitant une solution rapide ont été posées au cours de la dernière année. Des réunions du Conseil sont par conséquent prévues à Athènes. On trouvera dans ce Bulletin l'ordre du jour établi par le Secrétaire.

4. L'établissement par l'O.M.M. d'une Commission de Météorologie hydrologique posé à notre Association des problèmes de collaboration qui sont effleurés dans un rapport du Secrétaire sur la réunion de la Commission de Météorologie hydrologique l'O.M.M. à Washington.

5. Le Bulletin a essayé de garder au présent numéro le développement scientifique atteint au cours de la dernière année. L'éditeur est d'autre part heureux de signaler une extension notable du nombre des abonnés. Il remercie les délégués nationaux pour leurs efforts qu'ils ont faits à cette fin.

1. The Secretary rejoices: the incredible generosity of the National Sciences Foundation, of Washington, 25, D.C., has enabled him to solve a problem which had baffled him hitherto, the publication of the Proceedings and Papers of the Helsinki Assembly.

2. The Bulletin publishes the programme of the Athens Symposium. More than 70 papers have been received and will be printed by the 15th September, to form publication no 56 of the Association.

The Secretary thinks that these papers are of the greatest scientific value and complete in an admirable manner the range of studies established by the Association in the field of groundwater.

3. Various questions, both very important and needing early solution, have arisen during the last year. Meetings of the Council of the Association have therefore been arranged for Athens. The agenda as drafted by the Secretary will be found in the Bulletin.

4. The creation by WMO of a commission of hydrological meteorology of hydrological meteorology is raising for our Association problems as to collaboration with that body, which are touched upon in a report by the Secretary in a meeting of the Commission at Washington.

5. The Bulletin has attempted to preserve in the present issue the scientific development achieved during the past year. The Editor is happy to report in a different direction a notable increase in the number of subscribers. He thanks the national delegates for their efforts to secure this.

**AUX MEMBRES DE
L'A.I.H.S.**

Nous sommes heureux de vous faire savoir que la National Science Foundation, Washington 25, D.C., a accordé une subvention de 4250 \$ pour la publication des Comptes Rendus et Rapports de l'Hydrologie de la 12^e Assemblée Générale de l'U.G.G.I.

La publication a dès lors pu être arrangée sans beaucoup d'autres difficultés. Au nom de l'Association, je remercie la National Science Foundation de cette générosité.

Le Secrétaire de l'A.I.H.S.
Prof. L. J. TISON

**TO THE MEMBERS
OF I.A.S.H.**

We are very glad to let you know that the National Science Foundation Washington 25 D.C. granted a sum of 4250 \$ to aid to publishing the Hydrology Proceedings of the 12th General Assembly of the I.U.G.C. The publication could then be arranged without too much further difficulty.

In the name of our Association I thank the National Science Foundation for this generosity.

The Secretary of I.A.S.H.
Prof. L. J. TISON

II. PARTIE SCIENTIFIQUE

II. SCIENTIFIC PART

INCREASES IN WATER YIELD AFTER SEVERAL TYPES OF FOREST CUTTING

JOHN D. HEWLETT and ALDEN R. HIBBERT (1)

ABSTRACT

Results from 11 forest cutting experiments on small watersheds at the Coweeta Hydrologic Laboratory in western North Carolina are presented as a summary of twenty years experience in water yield studies. Conversion of mature forest to low-growing vegetation in this well-watered area increased the supply of water to streams in amounts varying from 5 to 16 inches per year. Increases in annual yield the first year after cutting mature hardwood forest in several ways were roughly proportional to the percentage of the stand cut on any one watershed, but are not yet predictable quantitatively because of variation in soils, physiography, and orientation of small drainages. Increases tend to diminish in the years following the initial treatment, whether cutting is repeated or not, but a certain portion of the increases can be maintained indefinitely by annual recutting. In general, increases are greatest during those months when normal streamflow is lowest, but water yield can be influenced during all seasons of the year. A clearer understanding of the behavior of water in soils and plants is required before our knowledge of watershed processes will allow quantitative prediction of increased yield due to forest cutting.

RÉSUMÉ

Des résultats de la déforestation expérimentale de 11 petits bassins dans le laboratoire hydrologique de Coweeta dans l'ouest de la Carolina du Nord sont présentés comme un résumé d'une expérience de vingt ans dans les études sur la capacité de production d'eau. La conversion de forêts naturelles en régions à végétation basse dans ces régions bien arrosées augmente la quantité d'eau se rendant à la rivière de quantités variant de 5 à 16 pouces par an. Les accroissements en eau disponible la première année après la coupe d'une forêt naturelle de non-résineux furent grossièrement proportionnels au pourcentage coupé sur un bassin quelconque, mais ils ne purent être prédits quantitativement à cause de la variation des sols, de leur géographie physique et de l'orientation des petits bassins. Les accroissements tendent à diminuer au cours des années suivant le traitement initial, que le coupe soit répétée ou non, mais une certaine partie de l'accroissement peut-être maintenue indéfiniment par des coupes annuelles. En général, ces accroissements sont plus importants au cours des mois avec les débits les plus petits, mais la production d'eau peut être influencée durant toutes les saisons de l'année. Une meilleure compréhension du comportement de l'eau dans les sols et les plantes est nécessaire pour permettre une prédiction quantitative de l'accroissement des quantités d'eau se rendant à la rivière par suite de la coupe de forêts.

INTRODUCTION

The purpose of this paper is to present some recent results from unit watershed studies at the Coweeta Hydrologic Laboratory, located in the Southern Appalachian Mountains of western North Carolina, where the relation between water yield from forested and from cut-over lands in a humid temperate climate has been studied for over 25 years. Applicability of these findings is limited to relatively snow-free areas, since snow storage does not play an

(1) The authors are Research Foresters at the Coweeta Hydrologic Laboratory, Southeastern Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

important part in the regimen of streamflow at Coweeta. Some of the information is new—quite a few treatments have just recently begun to provide results—and some is old, but all results are from gaged watersheds on which mature hardwood forest has been altered by some form of cutting and changes in evapotranspiration evaluated from long-term records of streamflow.

For over one hundred years man has been aware that forests have considerable influence on the quality, quantity, and regimen of streamflow. In the absence of any genuine data, early opinions leaned toward the view that forests actually increase water yield. Raphael Zon (1922) in the early part of this century compiled an extensive list of published and unpublished examples, chiefly from Europe, claiming that springs, streams, and wells dried up following removal of forest cover. We understand now that the effect noted in most of these case histories was not actually a reduction in total water yield, but a change in timing of yield. With destruction of vegetation and top soil, rainfall quickly ran off as storm flow instead of soaking into the soil to sustain springs and streams.

Some hydrologists continue to support the idea that forest cover increases ground water supplies (and thus streamflow) when substituted for other types of cover. In the Symposium on Water and Woodlands of the International Association of Scientific Hydrology, Hannover-Munden (1959), no less than five papers from Russian hydrologists maintained that forests increased—or in any case did not decrease—ground water supplies and runoff from forested areas. Most of the evidence presented in these papers seems to be complicated by snow storage effects and a failure to clearly separate components of the water cycle. In any case, some Russian hydrologists appear to conclude that under most circumstances forests are not costing any water by increasing evapotranspiration.

Others in Western Europe have argued from a similar standpoint. In England, some physical theorists seem quite willing to entertain the idea that forests use no more water than other types of complete vegetative cover. However, Law (1957) stirred up a storm when he presented some evidence to the contrary derived from a lysimeter-type experiment showing that spruce forest was using annually 11 inches more water than an adjacent grass sward. The sudden wave of interest produced by Law's findings has begun to threaten reforestation plans of the British Forestry Commission and has stimulated a vigorous program of research into the problem in Britain.

Experiments of all types within the temperate zones of the world, neglecting Coweeta, suggest increases in streamflow up to about 10 inches per year as a result of clear-cutting forested watersheds, but the average would seem to be about half this amount. Some estimates are based on watershed experiments, some on soil moisture measurements, and some on various methods of measuring or estimating transpiration of plants. However, the evidence is so scattered and inconsistent that results cannot be related to regions, forest types, climates, or soils. Estimates derived from these unrelated experiments serve as indicators of the magnitude of increase to be expected after cutting vegetation, and contrast with some of the early results from Coweeta watersheds. For instance, complete removal of hardwood forest at Coweeta provided exceptionally large increases the year following treatment, averaging an increase of 16 area inches in annual streamflow (Hoover, 1944; Kovner, 1956). It is quite understandable that the promise of such increases attracted much attention. Additional results, most of which are less extreme, nevertheless substantiate the conclusion that increases due to cutting are real.

Genuine records of water yield after forest cutting are still scarce. Coweeta remains perhaps the largest single source of this type of information. The following review of results from a series of forest cutting treatments at Coweeta is contributed to further the understanding of forests and water in humid temperate climates.

Methods

The method of using paired watersheds to determine the effects of watershed treatment has been much discussed (Wilm, 1943). Briefly, a gaged watershed on which treatment

lanned is associated for a number of years with an adjacent control watershed of about the same size and cover conditions. During the calibration (pretreatment) years, streamflow on the experimental watershed is related to streamflow on the control, which remains undisturbed throughout the experiment. Using the pretreatment regression relation, water yield on the treated watershed may be predicted as if treatment had not occurred, and the difference between predicted and observed flow, if significant, is said to be the result of treatment. Methods for collecting, summarizing and analyzing the hydrologic records essential to such studies have been described in detail by Johnson and Dils (1956), Kovner and Evans (1954), and Kovner (1956).

Eleven watershed treatments involving forest cutting of several types have been made over the past 20 years at Coweeta. All watersheds and their controls were densely forested during the calibration period, the stands varying from 85 to 120 square feet of basal area per acre. The average land slope of the experimental catchments is 53 percent and the average horizontal area is 65 acres. Soils are of granitic origin, deeply weathered, and well stabilized under vegetative cover. The roots of the mature forest are located mostly in the top 4 or 5 feet of soil, but occasional roots as deep as 20 feet have been observed. As a result of frequent recharge of soil moisture by rainfall, the depth from which trees on well-drained slopes remove most of their water appears to be restricted largely to the upper three feet of soil. Extensive soil moisture sampling at Coweeta indicates that the average annual range of moisture stored in this horizon is only about 4 inches, which represents less than half of the stored moisture normally considered available for transpiration. Available moisture remains within the reach of tree roots even after rare periods of summer drought. These moisture characteristics of Coweeta soils allow ample opportunity for forest cutting to affect evapotranspiration rates, and thus favor large effects due to treatment.

Briefly reviewed by watershed number, the forest cutting treatments were as follows:

Watershed Number	Description
1	<i>Cove-hardwood cut.</i> All trees and shrubs within the cove-hardwood timber type (areas adjacent to the stream channel), representing 25 percent of both land area and total watershed basal area, deadened by chemicals in 1954. Condition maintained by retreatment as necessary for three consecutive growing seasons. Storm peaks and sedimentation were not affected.
1	«Clear-cut». All trees and shrubs on the entire drainage felled, scattered, and partially burned in the winter, 1956-57, with no removal of forest products and with minimum soil disturbance. About two-thirds of the slash remained on the ground after clearing. Conditions since maintained by annual cutting and spraying with chemicals. Storm peaks and sedimentation not seriously affected.
3	«Clear-cut». All trees and shrubs felled, burned and removed from the entire drainage in 1940, followed by unregulated agriculture (Coweeta's «mountain farm»). Treatment was extended over 12 years with increasing damage by storm flows and sedimentation due to steep land farming and grazing.
6	<i>Riparian-strip cut.</i> All trees and shrubs growing in a zone 15 feet vertically above the flowing stream channel felled and scattered in 1942, reducing total watershed basal area 12 percent. A similar percentage of the total land area was opened up by cutting. No material was removed, and cutting was not repeated during following years (Dunford and Fletcher, 1947).
10	<i>Commercial cut.</i> An exploitive commercial timber and pulpwood cut, involving removal of 65,000 cubic feet of material during the period, 1942-56. An average reduction of 30 percent of total watershed basal area was calculated, allowing in the estimate for regrowth during the observation period. Soil disturbance resulted in higher storm peaks and much sedimentation.

- 13 «Clear-cut». All trees and shrubs on the entire drainage felled and scattered in 1938 with no removal of forest products and minimum soil disturbance. Regrowth during subsequent years was not cut. Storm peaks and sedimentation were not affected (Kovner, 1956).
- 17 «Clear-cut». All trees and shrubs on the entire drainage felled and scattered in 1940, with no removal of forest products and with minimum soil disturbance. Regrowth cut annually during the next 15 years, gradually producing a close cover of herbaceous and low shrubby growth over the soil. Storm peaks and sedimentation were not affected (Hoover, 1944).
- 19 Understory cut. Laurel (*Kalmia latifolia*) and rhododendron (*Rhododendron maxima*) understory felled and scattered in the winter, 1948-49, with no soil disturbance. The shrubs felled constituted 22 percent of the total basal area on the watershed. Regrowth was not cut; however, these species sprout very slowly (Johnson and Kovner, 1956).
- 22 Strip cut. All trees and shrubs within alternate 33-foot strips deadened by chemicals in 1955, reducing total watershed basal area 50 percent and opening up half of the land area of the watershed. Strips ran perpendicular to the stream channel. Condition was maintained from 1955 to 1960 by recutting and spraying as necessary. No material was removed, no soil disturbance occurred, and storm peaks were not affected.
- 40 Commercial cut. A regulated commercial timber cut designed to prevent damage to streams, involving removal of 15,000 cubic feet of material in 1955. Total material cut down or removed amounted to 22 percent of the initial watershed basal area. Storm peaks and sedimentation were not affected.
- 41 Commercial cut. A regulated commercial timber cut designed to prevent damage to streams, involving removal of 24,000 cubic feet of material in 1955. Total material cut down or removed amounted to 35 percent of the initial watershed basal area. Storm peaks and sedimentation were not affected.

The watersheds on which the experiments were carried out are shown with their controls in Figure 1. In the discussion to follow, watershed number and brief title will serve to identify treatment.

It would be convenient if the experimental units were similar in all respects except treatment. But they are not—for example, the exposure to the sun during certain portions of the year are strikingly different between watersheds. Table 1 identifies the watersheds to be discussed by number, area, aspect, elevation, stream channel gradient, original stand in basal area per acre, rainfall, and runoff. There is an elevation difference of roughly 900 feet from east to west, accompanied by an average annual rainfall gradient of 14 inches. Differences are apparent in area, in initial forest cover, and in stream channel gradients, the latter reflecting the general steepness of the watershed. Furthermore, each unit drainage has its own peculiar geology and soil mantle. Some—but not all—of these difficulties are overcome by associating a control watershed (Figure 1) with each treatment.

One way to characterize the water balance of a drainage area is by P minus RO —the difference between rainfall and runoff. These values, expressed as 20-year averages, are presented in the last column of Table 1. Pretreatment records were extrapolated by regression on the control watersheds to obtain a common period of record for comparison. The average amount of rainfall which fails to become runoff as measured at the gaging station varies from 28 to 48 inches among watersheds. Methods of extrapolating pretreatment records and errors in measuring streamflow and rainfall may account for some variability, but much remains unexplained.

Also apparent in Table 1 are large differences in pretreatment water yield between watersheds. Some variation in average yield is accounted for by differences in average rainfall, but it remains difficult to explain why Watershed 14, for instance, yields 52 percent of its rainfall while Watershed 3 under similar rainfall yields only 33 percent (Table 1). Possibly

TABLE 1

Summary of some specific attributes of the experimental watersheds

Watershed number	Area	Mid-area elevation	Aspect	Average channel slope	Basal area per acre before cutting	Precip. (20-year average) P	Runoff (20-year average) (1) RO	P minus RO (20-year average)(1)
	acres	feet		percent	square feet	inches	inches	inches
TREATED								
1	40	2750	S	26	85	67.9	29.1	38.8
3	23	2700	SE	15	—	71.4	23.9	47.5
6	22	2600	NW	26	85	71.7	32.7	39.0
10	212	3200	SE	22	119	73.0	42.2	30.9
13	40	2650	NE	19	111	72.0	31.2	40.8
17	33	2900	NW	29	86	74.6	30.0	44.6
19	70	3150	NW	27	114	78.8	48.1	30.7
22	85	3400	N	31	106	81.4	50.2	31.3
40	50	3400	SE	29	112	76.6	41.4	35.2
41	71	3500	SE	34	107	79.9	50.6	29.3
CONTROL								
2	30	2800	S	30	—	68.9	28.8	40.1
14	152	2900	NW	18	—	71.1	36.7	34.4
18	31	2700	NW	19	—	71.6	36.4	35.2
21	59	3250	N	32	—	80.1	52.0	28.1
34	81	3300	SE	24	—	77.0	41.4	35.6

(1) Pretreatment record extended where necessary by regression on control watershed.

in some cases a portion of runoff escapes measurement in spite of careful weir construction. However, a strength of the control watershed method is that only where these «leaks» change in rate during the experiment will the analysis of treatment effects be invalidated. Such changes, if large enough to seriously damage the experiment, can usually be detected in the hydrograph record, and every effort has been made to remove faulty records from the following analyses.

Results

Results of cutting are summarized in Table 2 by watershed number, predominant aspect, the percentage of total basal area per acre removed, deadened, or cut down, and the nature of treatment. They are presented in terms of increases over pretreatment streamflow during the first and third complete year following cutting. The increases represent measured over predicted flows by regression analysis as applied by Kovner (1956), and Johnson and Kovner



Fig. 1 — Map of the Coweeta basin showing treated and control watersheds.

(1956). The error of estimate is included in Table 2 for comparison of the relative informational value of each result. The errors vary greatly, reflecting degree of control provided by paired units. The experiments noted in the table as «demonstration-type treatments» are of limited value because of weir changes during the experiment or changing conditions of treatment area dictated by practical considerations.

The earlier water yield studies, including Watersheds 13, 17, and 19, were carried out on predominantly northern or northeasterly slopes. The results (Hoover, 1944; Kovner, 1956) indicated that large increases were to be expected and that they were roughly proportional to the percent of forest stand removed. Including all experiments on northerly slopes, the ratio of the first year's increase in streamflow in inches to the percent of basal area cut (Table 2) is relatively constant at about 0.15. Complete reduction of the forest stand resulted in an average of 15.8 inches additional streamflow, and 50 percent reduction in basal area (Watershed 22) gave an increase about half as large. On the evidence offered by the understory cut (Watershed 19), involving 22 percent of the total basal area, there seems little difference in the ratio of increase to basal area removed where only small diameter material was cut. However, it must be pointed out that this relation between basal area and yield fails to hold during regrowth—a fact to be mentioned again later.

The riparian-strip cut on Watershed 6 added a new dimension to treatment by restricting cutting to certain portions of the watershed, incidentally removing only 12 percent of the basal area. Examining the result (non-significant on the annual basis) in the oversimplified term

TABLE 2

Increases in annual water yield after forest cutting on northerly and southerly aspects at Coweeta

Water-shed number	Nature of treatment	Basal area cut	1st yr. increase and error ⁽¹⁾	Ratio of 1st yr. increase to % basal area cut	3rd yr. increase and error ⁽¹⁾	Ratio of 3rd yr. increase to % basal area cut
		percent	inches		inches	
NORTHERLY SLOPES						
13	Clear-cut	100	14.7 ± 2.4	.15	10.5 ± 1.6	.11
17	Clear-cut	100	16.8 ± 4.8	.17	11.7 ± 4.4	.12
22	Strip cut	50	7.8 ± 3.8	.16	5.1 ± 2.2	.10
19	Understory cut	22	2.8 ± 1.7	.13	2.2 ± 1.7	.10
6	Riparian-strip cut	12	0.0 ± 2.7 ⁽²⁾	.00	0.0 ± 2.7	.00
SOUTHERLY SLOPES						
1	Clear-cut	100	6.0 ± 1.5	.06	1.8 ± 1.7	.02
3	Clear-cut ⁽³⁾	100	5	.05	—	—
10	Commercial cut ⁽³⁾	30	1	.03	—	—
40	Commercial cut ⁽³⁾	22	0	.00	—	—
41	Commercial cut ⁽³⁾	35	2	.06	—	—
1	Cove-hardwood cut	25	1.8 ± 1.8	.07	1.0 ± 1.5	.04

⁽¹⁾ Errors reported to the .05 level of confidence.

⁽²⁾ Small increases were detected immediately after cutting which were nonsignificant on annual basis.

⁽³⁾ Demonstration-type treatments.

of the increase ratio, it is apparent that the expected increase of 1 or 2 inches is within experimental error. Therefore, the result is not necessarily inconsistent with the 0.15 ratio of increase to basal area cut.

Contrasting results became evident after clearings were made on Watershed 1, a south-facing watershed. The first treatment there was a 25-percent reduction in total watershed basal area, with treatment restricted to the cove-hardwood portion of the drainage. The trees and shrubs were deadened by use of chemicals, leaving the standing snags. The increase was 1.8 inches the first year—much less than expected on the basis of the earlier treatments. Three years later, all woody material on the entire drainage was felled, including the remaining snags. Increases above the initial yield were still rather low, amounting to 6.0 inches per year, or about one-third of the increases on Watersheds 13 and 17 after clearing. Despite several regrowth cuttings during four following years, it appeared at the end that little had been done to decrease water losses to the atmosphere, and the increase during the third year over the pretreatment yield was only 1.7 inches.

Responses from less valuable treatments on southerly slopes were examined to determine whether results substantiated those on Watershed 1. Originally these treatments were intended to be practical demonstrations of the effects of poor and improved land uses on streamflow, particularly water quality and stormflow. Therefore, operations on these four units were complicated and of fairly long duration, so that «first year» increases represent values adjusted from several years of record. Hence, increases contain an indeterminate amount of error and are of limited value, partly because of these difficulties and partly because of poor correlation of streamflow among the treated and control watersheds. Nevertheless, results seem to agree in general with those from Watershed 1 (i.e., the ratio of inches to percent reduction in basal area appears to be less than half that on northerly slopes).

Increases during the third year after treatment are included in Table 2 to show that initial increases tend to be largest and that yield does not remain constant during subsequent years, whether annual cutting of regrowth is repeated or not. The values for the third year are curves on the assumption, borne out by the better controlled experiments, that treatment effect declines with time.

Figure 2 shows trends in water yield following initial treatment of five watersheds. Long-term analysis of Watershed 17 (Johnson and Kovner, 1954) has established the tendency for increases to stabilize under repeated cutting at roughly 11 inches. Similar analysis on Watershed 13 showed that increased yield diminished with time. Kovner (1956) attributed this downward trend in yield to regrowth of the forest. By the 14th year after treatment on Watershed 13, at which time basal area of the coppice growth was 50 percent of the original stand, annual

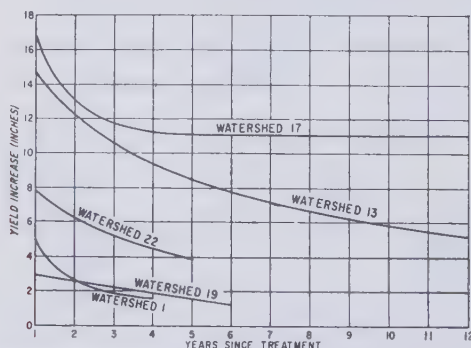


Fig. 2 — Increase in water yield diminishes with time after several types of watershed treatment

streamflow increases had dropped to 30 percent of the initial increase. Thus it is apparent that the correlation between basal area cut and initial increase in streamflow cannot yet be generalized into a quantitative relation between standing basal area and streamflow. Watersheds 1 and 22 show a downward trend in yield after cutting similar to Watersheds 13 and 17. Removal of the understory (Watershed 19) apparently had a more sustained effect (Johnson and Kovner, 1956), contrasting with the more rapid decrease in average annual yield following other treatments.

Variability of watershed records usually has not permitted reliable analysis of total yield on a monthly basis. When streamflow on a pair of drainages is highly correlated, analysis of 3-month periods is fairly meaningful if corrections are made for differences in total storage between the beginning and end of the period. Possibly the optimum time period for analysis of total water yield is 6 months, particularly if the period is fixed to coincide with growing and dormant seasons. The dates customarily used at Coweeta to divide the water year into segments of 3 or 6 months are April 30 and October 31.

Estimates of seasonal increases by 3-month periods have been calculated for Watershed 1

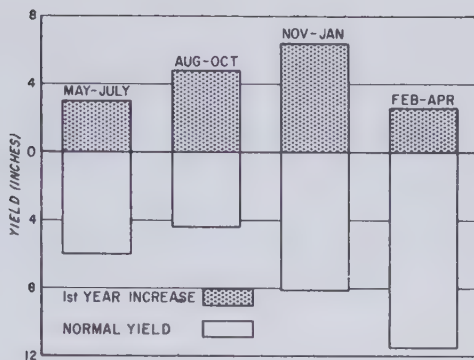


Fig. 3 — First-year increases in water yield on Watershed No. 17, shown by 3-month periods.

Figure 3 shows the relative seasonal increase adjusted to the first year following treatment of Watershed 17 compared to average streamflow as extrapolated from the pretreatment record. Increases appeared in all four periods but were heaviest in late summer and early winter. Streamflow was approximately doubled during these two periods. Distribution of increases from Watershed 13 were similar but increases were delayed even further into the winter and spring season. Kovner (1956) has attributed these delays in timing of increases to transmission losses in the soil reservoir; that is, part of the reduction in summer evapotranspiration is not expressed as streamflow until the soil reservoir is recharged by early winter rains.

On the other hand, treatments resulting in smaller increases exhibited seasonal delays in delivery of the increase to a much less degree. Switching now to a 6-month period of analysis, Figure 4 summarizes pretreatment streamflow and posttreatment first year increases by growing (May through October) and dormant (November through April) seasons. Watershed 17 is plotted on a 6-month basis for comparison with the other experiments. The two successive treatments on Watershed 1 (deadening of cove-hardwoods followed by clearing the entire drainage) are separated for clarity, showing small increases coming chiefly during the growing season. Deadening of the cove-hardwoods apparently produced no dormant season increases. Closer scrutiny of the data indicated that the late growing season (August through October) was most favored. Watershed 22 (strip cut) similarly failed to produce a large percentage of the estimated increases in the dormant season. Only 38 percent of the first year's increase came during the period November through April 30. Five years have passed since the initial deadening, and regrowth within the strips has been cut regularly to maintain the treatment. Despite

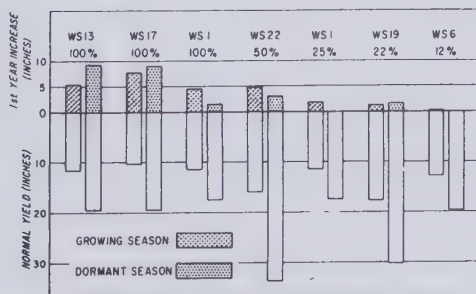


Fig. 4 — First-year increases in water yield by growing and dormant seasons for several treated watersheds. Percentages refer to reduction in basal area.

recutting, however, dormant season increases ceased to be detectable after the second year although growing season increases have decreased less rapidly. This result is in contrast to Kovner's (1956) findings on Watershed 13 that dormant season increases following complete clearing were better sustained during subsequent years than those of the growing season.

Increases following removal of the understory (Watershed 19), small as they were, tended to be distributed uniformly through all seasons (Johnson and Kovner, 1956), and in this case the annual increase appeared to be well-sustained for the next 6 years (Figure 2). Felling of the riparian-strip (Watershed 6) produced minor increases only during the growing season (Dunford and Fletcher, 1947).

The remaining experiments (Watersheds 3, 10, 40, and 41) were not sufficiently accurate to provide estimates of increases on other than the annual basis. However, as an observation of limited value, the increases shown in Table 2 for Watersheds 3, 10, and 41 also appeared to come chiefly during the late growing season.

Discussion

Before attempting to evaluate results, it is important to point out that overland flow during storms is negligible on all Coweeta drainages except those under abusive treatments such as by poor grazing, farming, and logging practices. Infiltration rates on relatively undisturbed soil, whether the forest has been cut or not, have always exceeded rainfall rates. Thus rainfall is disposed of either as subsurface flow or evapotranspiration, and it is convenient in the following discussion that part of the effect of treatment need not be ascribed to a change in relation between overland and subsurface flow. In this connection, Watersheds 3 and 10, although farmed and logged respectively, were analyzed for increased yield during the early period of record before overland flow became a serious problem.

The early results from Coweeta treatments have been regarded as possibly the largest increases to be expected from cutting forest vegetation in temperate climates. Subsequent results are indicating that they may have been the largest even at Coweeta, where an abundance of rainfall produces a perhumid climate according to Thornthwaite's classification. The differences in results from similar treatments are not easy to explain in the light of current knowledge of hydrologic processes in mountainous country. Due to economic and manpower limitations the treatments differed in some respects, but the differing methods employed in reducing forest cover do not seem commensurate with the large differences in results. For instance, complete felling of trees and shrubs on Watershed 1 was accompanied by burning to reduce the labor necessary to maintain the treatment. However, the slash remaining on the ground was still grossly estimated as about two-thirds the amount remaining on Watersheds 13 and 17 after clearing. Furthermore the healing effect of three years' herbaceous and low shrubby growth on Watershed 1 has not brought increased yields into better agreement with those on the two northerly facing watersheds.

Along with similar results from the several demonstration-type treatments on southerly slopes, the behavior of Watershed 1 under treatment suggests that factors associated with aspect may be partly controlling the differential response to cutting. Several possible influences are under investigation but no explanation can be offered as yet. The percentage in total solar energy available has been calculated for two opposing Watersheds 1 and 17. Although summer irradiation is quite similar in total amount, the southern slope lies at an angle to receive almost twice the solar energy available to the northern slope during winter. Thus greater wintertime evaporation on Watershed 1 following cutting may be partly responsible for the failure to secure dormant season increases. However, if this is the case, it is not at all clear why some differences in apparent evapotranspiration (assumed to be reflected in the rainfall-minus-runoff estimates in Table 1) were not evident among northerly and southerly watersheds before treatment, since hardwood forest when leafless offers limited interference to sunlight.

Differences in area, elevation, steepness, original basal area, and annual rainfall appear from these records to provide little if any correlation with increases due to similar treatments

However, the experiments were not designed to control any of these potential variables, and their possible influence remains to be tested. Another possible factor concerns storage characteristics of individual catchments. From a limited number of probings, it is known that soils on steep slopes at Coweeta vary in depth from a few to more than 20 feet. Some unit drainages may have exceptionally large volumes of weathered soil which maintain supplies of moisture for long periods within easy reach of various evaporative processes. There are differences in potential yield or in storage-depletion relationships among various watersheds. For instance, Watershed 1 has always had better sustained flow between storms than most of the other unit drainages. Although it has not been possible so far to relate changes in yield after cutting to storage peculiarities, there remains a possibility that storage differences among watersheds will produce differences in reaction of streamflow to treatment. The shape, volume, and location of the main storage aquifers are factors which have never been evaluated in connection with evapotranspiration losses and changes in yield.

The forest cutting practices reported here were imposed in an effort to alter the evapotranspirational draft on water stored in stream channels, rocks, soil, litter, and vegetation of a watershed. Unfortunately, the reduced draft on storage, which must logically occur when transpiration and interception of precipitation by plants are interrupted by cutting, invariably makes current methods of analyzing increases, and significant results can be shown only when they are large. Several of the increases here are teasingly close to non-significance, but evaluated on a whole the conclusion is inescapable that any appreciable reduction in forest cover in humid climates will produce increases to supplies of water downstream. The magnitude of these increases remains in some doubt, but the average for the first year following total removal of a mature hardwood forest under Coweeta conditions appears to be in the order of 10 inches.

It is well-recognized that a non-replicated watershed experiment, regardless of its size and how well controlled as a unit, remains only a single observation on the effect of treatment. Large-scale treatments in rough terrain are difficult to carry out uniformly and are prohibitively costly to replicate in such a manner as to isolate treatment effects from watershed peculiarities. In a strict sense, the concept «treatment» as used here is hard to define. Vegetation treatments begin to change biologically and structurally almost before completed. Furthermore, climate cannot be held constant throughout the experimental period so that treatment is always partly confounded with climate and watershed factors. It seems doubtful that any type of treatment, for instance a certain percentage of stand reduction, can be directly related, except in the most general fashion, to reduction in evaporative losses and increases in yield. As long as we are dealing with a local complex of forest, land, water, and climate the treatment cannot be considered independently of other factors controlling streamflow. The results here have been presented so as to suggest some potentially important factors for evaluating increases to be expected from different levels and locations of cutting, but it must be admitted that much study is needed before their influence can be clearly defined.

Although the increases demonstrated at Coweeta tend to augment normally low flows in late summer and early fall, the present uncertainty as to the quantities to be expected continues to reflect unfavorably on the economics of producing extra water supplies by cutting vegetation. On the other hand, water supplies may be increased profitably in some humid areas as a by-product of management for other purposes, providing the areas to be managed were initially stabilized under forest cover. Furthermore, the average cost of producing extra water by vegetation control compares very favorably with that of desalted sea water, which may soon be produced commercially along arid seacoasts at costs ranging from \$0.50 to \$1.00 per 1000 gallons (Dodge, 1960). Such comparisons are, of course, oversimplified but may take on real meaning as water resources of humid areas become more and more fully developed.

Conclusions

The following conclusions, conditional in the sense that they reflect experience chiefly at Coweeta, are possible.

1) There can be little doubt that in most well-watered lands conversion of mature forest to low-growing vegetation will increase supply of water to streams. First-year increases in the order of 5 to 16 inches may be expected at Coweeta after complete clear-cutting of a mature hardwood forest. The average increases are perhaps less than formerly expected, but are nonetheless real; and, fortunately perhaps for future management efforts, tend to occur during late summer and fall when water supplies are lowest. Evidence from various types of experiments in the temperate regions of the world indicate that Coweeta's 17-inch increase on one treatment may be the largest return to be expected from reducing vegetative cover.

2) When considered independently of other factors, such as aspect, elevation, soil depth, and precipitation, first-year increases in yield seem roughly related to the percent of the fully developed stand that is removed or cut down. Basal area has been used in this paper merely as a convenient index to the structural and physiological attributes of the stand. On that basis a 50 percent reduction in basal area should afford an increase half as large as a 100 percent reduction on the same watershed. At Coweeta it doesn't seem to make much difference which pattern of cutting is used, but this may not be true elsewhere. Furthermore, this quantitative relation between basal area and increased yield after cutting does not seem valid during regrowth of the stand.

3) There is fairly good evidence at Coweeta that aspect (or perhaps other physiographic factors) will help to determine the level of increases to be expected from a forest treatment. Results so far indicate that a southern slope will yield the first year less than half the increase to be expected from the same treatment on a northern slope. This effect is as yet unexplained on the basis of present knowledge, and until a rational explanation is developed, is to be regarded with caution.

4) When the effects of cutting are large, there is considerable delay in the timing of a portion of the increase, with the late dormant season carrying a surprising percentage of the additional flow. When treatment affects are smaller, the increases tend to be restricted to the season during which the actual savings in terms of reduced evapotranspiration would normally be expected.

5) Results are not too encouraging if we hope for long continued increases due to a single cutback treatment, except for the fact that even small increases tend to come in low-flow seasons. When increases are large, such as those due to the one-cut treatment on Watershed 1, analysis indicates that effectiveness extends over 35 or 40 years, but in this case a high percentage of the increase seems to occur during the high-flow (winter) season.

6) It seems doubtful if treatment as presently conceived can ever be considered independently of the piece of land on which it is carried out, particularly in mountainous terrain. Because adequate replication of unit watershed treatments seems impractical at this time, the indicated need is for research aimed at better understanding of how a small watershed produces water—in other words, what factors and processes constitute the important variables affecting water yield. Present and past work on unit watersheds have provided ample proof that stream flow can be changed by altering vegetative cover, but we will not be successful in predicting quantitative increases in water yield by forest cutting even in the Southern Appalachians until several of the chief variables affecting increases are identified and arranged in order of their logical influence on water yield before and after cutting.

REFERENCES

- DODGE, BARNETT F., Fresh water from saline waters—An engineering research problem, *Am. Scientist* 48: 476-513, 1960.
- DUNFORD, EARL G., and P. W. FLETCHER, Effect of removal of streambank vegetation upon water yield, *Trans. Am. Geophys. Union*, 28: 105-110, 1947.
- HOOVER, M. D., Effect of removal of forest vegetation upon water yields, *Trans. Am. Geophys. Union* Part 6: 969-975, 1944.
- JOHNSON, EDWARD A., and ROBERT E. DILS, Outline for compiling precipitation, runoff, and groundwater data from small watersheds, U.S. Dept. of Agri., Southeast Forest Expt. Sta., *Station Paper* No. 68, 40 pp., 1956.

- INSON, EDWARD A., and JACOB L. KOVNER, Increasing water yield by cutting forest vegetation, *Georgia Mineral Newsletter*, 7: 145-148, 1954.
- INSON, EDWARD A., and JACOB L. KOVNER, Effect on streamflow of cutting a forest understory, *Forest Sci.*, 2: 82-91, 1956.
- OVNER, JACOB L., Evapotranspiration and water yields following forest cutting and natural growth, *Proc. Soc. Am. Foresters*, pp. 106-110, 1956.
- OVNER, JACOB L., and T. C. EVANS, A method for determining the minimum duration of watershed experiments, *Trans. Am. Geophys. Union*, 35: 608-612, 1954.
- AW, FRANK, Measurement of rainfall, interception and evaporation losses in a plantation of Sitka spruce trees, *Extrait des Comptes Rendus et Rapports—Assemblée Générale de Toronto*, 2: 397-411, 1957.
- ern. Assoc. Scientific Hydrology, Symposium of Hannoversch-Munden, Publication No. 48, 340 pp., Sept. 1959.
- ILM, HAROLD G., Statistical control of hydrologic data from experimental watersheds, *Trans. Am. Geophys. Union*, Part 2: 618-624, 1943.
- IN, RAPHAEL, Forest and water in the light of scientific investigation, U.S. Dept. of Agri., Gov't Printing Office, Wash., 106 pp., 1927.

BASIC PRINCIPLES OF THE THEORY OF PROCESSES OF SURFACE AND UNDERGROUND RUNOFF

Professor A. N. BEFANI
*Hydrometeorological Institute
Odessa USSR*

The processes of runoff formation are characterised by their exclusive variety. The factors of water balance are numerous and they are in a complex interaction with each other. This is why the effect of each of them is determined by the combination of the actions of the rest of the factors, due to which the effect in question may not only change, but even become reversed. This creates a unique pattern of the runoff dynamics in time as well as in space for a particular watershed. By means of recording the results of a great number of different contradictory processes, hydrometrical observations enable only their statistical evaluation.

In the course of its development, runoff undergoes a series of phases, which include many items: the infiltration of rainfall and snowmelt waters, surface slope water production and runoff, percolation into ground water, the runoff of free and confined ground water, elementary streamflow flood, flood valley water exchange, runoff in streamflow systems etc. The theory of all these processes must be the basis of the science of hydrology as well as of applied hydrology. Direct empirical generalization of summary data does not give completely satisfactory results, because the functional expression of runoff relations is being chosen more or less arbitrarily and beyond the connection with runoff forming processes. Theory exposes the type or principle of development of the expression for calculations as well as the method applied and it opens the possibility for the employment of scientific experiment, which may define separate aspects of the process investigated.

The most important feature of modern hydrology is the giving up of the application of purely empirical analysis and an increasingly wider use of theory as the basis for the generalization of various observational and experimental data.

METHOD OF DEVELOPMENT OF THE THEORY OF RUNOFF

The general features of the dynamics of the process of runoff may most adequately be expressed on the basis of the method of mathematical analysis, i.e. by means of developing and integrating partial runoff equations for time and space coordinates. A special analysis of the equations of dynamical balance ⁽²⁾ has shown that for the calculation of the hydrodynamic elements of surface streamflow and underground flow, both the force of inertia and the difference between the slopes of the bed and of the water surface may be neglected. Thus, under one-dimensional movement the hydromechanical system for any type of runoff is reduced to one equation expressing differentially the condition of continuity or water balance.

The shortcomings of the analytical method lie in the necessity of a functional expression for a series of processes or factors forming the runoff. This requires the typification of curves of water production, of watershed outlines, of the design of the streamflow network and number of other items, which are met with in nature, strictly speaking, only in unique combinations. Therefore for the solution of problems, especially those connected with flood forecasting, it is rational to combine the mathematical method with the plotting of particular graphical or grapho-analytical characteristics of a number of values—isochrone curves, phase coefficients etc. In the application of the mathematical method one also is faced with some technical difficulties, because a number of runoff equations in their general form are not subject to integration, especially if some initial factors are presented in the form of arbitrary functions.

time or space. To overcome these difficulties the method of approximation described below is used.

SURFACE WATER PRODUCTION AND RUNOFF

The streaming of surface waters is preceded by the process of water production, that is—the appearance of surplus rain or snowmelt water over and above the amount of “losses”, the sum of interception, infiltration into the ground and surface detention. The principal part in the account of losses of rainfall is played by infiltration.

Differential equations of infiltration have been developed for the simplest linear outlines of microprofile and the linear distribution of filtration constants for separated capillary or branched structure of the pore space with regard to the inflow of water in the form of drops, and to the differences in the value of non-capillarity and gravitational head in areas being completely flooded or partly wetted by drops. As it appears from the results of a special investigation (*), some particular solutions of the equations may be accomplished, but they are expressed in a very complex way. Their approximation may be achieved most accurately by means of a power function rather than an exponential time function:

$$K_t = K_{\min} (1 + ah_0^\alpha) + \frac{A_1 h_0^\beta}{t^n}, \quad (1)$$

where K_t is the rate of infiltration at time t , h_0 —the rate of rainfall, and a , α , β and K_{\min} —the parameters of infiltration depending upon the structure of surface and soil constants, i.e. on the type of soil and land, n —the index of infiltration reduction, A —the infiltration parameter, which is, besides the soil type, related to the preceding moistening as well.

The analysis of experimental data also proved the advantages of the power function. The index n is constant for a wide range of runoff producing storms and preceding moistening. Nevertheless numerous experiments and theoretical prerequisites prove that for certain soil types its value may differ under total “selective” water production.

The outline of the infiltration curve changes in correspondence with the preceding moistening and the soil moisture balance. That is why the application of the standard “infiltration curve” does not give any reasonable results. For developing formulae for computation it is advisable to express the infiltration parameter not through the total soil moisture, but rather in relation to the rainfall momentum, the hydrothermal momentum or other indices reflecting the grouping of the preceding rainfall in time, and thus indirectly accounting for the distribution of water per aquifer as well as for the changes of the physical conditions (consolidation, structure etc.) caused by rainfall.

In the course of the past few years the Odessa Hydrometeorological Institute has carried out several thousand experiments on the determination of infiltration for various soil types and lands. The experiments resulted in the development of infiltration formulae, which are expressed through rainfall momentum

$$M_5 = P_{0-1/12} + 0,9 P_{1/12-1/6} + 0,8 P_{1/6-1} + 0,6 P_{1-2} + 0,5 P_{3-5} + 0,4 P_{6-10} + \\ + 0,3 P_{11-20} + 0,17 P_{21-30} + 0,09 P_{31-40} + 0,05 P_{41-50} + 0,03 P_{51-60} \dots \quad (2)$$

where P is the total rainfall for a time interval counted backward in days, and designated by an index (from—to). The calculated time increments are doubled for an air temperature within 5° to 10°C and trebled for a temperature up to 5°C . Examples of infiltration parameters for soil types and lands are given on Fig. 1, and $\beta = 0$, n may not differ. The application of the infiltration formulae thus developed enables one to build up a curve of losses for any rainfall plotting. This curve will probably have gaps at the beginning of each stage of rainfall.

Fig. 1

INFILTRATION OF RAINFALL WATER

General Formula:

$$K_t = K_{\min} (1 + ah_0^a) + \frac{A_1 h_0}{t^n} \frac{MM}{MUH} \quad \text{mm p. min.} \quad (1)$$

Soil	Infiltration parameters				
	K_m/n	a	α	n	A
Chestnut-coloured: 1) stubble	0,8	1	1	3/4	} $\frac{42}{M_5 + 10}$
2) pasture	0,1	1,4	1	3/4	
South. Chernozem; stubble	0,18	1,61	1	3/4	7,4 - 3,9 $\lg M_5$
Steppe-zone forest shelter belts	0,30	0,50	1	3/4	11,8 - 5 $\lg M_5$
Grey forest soils; forest tracts	0,35	0,61	1	1/3	3,84 - 1,67 $\lg M_5$
Normal Chernozem					

Precipitation Momentum

$$M_5 = P_{0-1/12} + 0,9 P_{1/12-1/6} + 0,8 P_{1/6-1} + 0,6 P_{1-2} + 0,5 P_{2-5} + 0,4 P_{5-10} + 0,3 P_{10-20} + 0,17 P_{20-30} + 0,09 P_{30-40} + 0,05 P_{40-50} + 0,03 P_{50-60} \quad (2)$$

For symbols see the text of the report.

Note:

The Nos of formulae correspond to those quoted in the text of the report.

The best convergence with experimental data was achieved, when the time was counted from the beginning of the coordinates, shifted leftward at a time t_{np} from the first runoff producing rainfall stage, the time t_{np} being defined by means of dividing the amount of rainfall of the preceding part of the storm (which produced no runoff) by the first runoff producing rate.

Though the typification of calculated diagrams of water production is possible, the number of types is considerable, and their probability varies from zone to zone. Therefore, when developing a general theory, it is advisable to consider the rate of water production h_t as an arbitrary function of time.

The process of infiltration of snowmelt water as well as on the general laws of infiltration is dependant upon the dynamics of soil thawing, the depth and the type of frozen ground. Therefore the expression for calculation is more complex (¹).

The slope current is of a rill character, but the actual speed V is conveniently expressed by means of the hydraulic elements of a model flat slope, i.e. depth y and the slope I , because for the condition of a certain type of microprofile these elements define in a single-valued way the actual radii and slopes of the rills. Thus $V = m \sqrt{I} y^n = cy^n$, where the surface factor and the hydraulic index n may be expressed by characteristics of microprofile and roughness but practically they are defined only experimentally—by means of artificial rainfall wattings of natural land plots (^{3, 12}).

The equation of surface runoff for the phase of water production may easily be developed from the condition of water balance:

$$(n+1)cy^n \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = h_t, \quad (3)$$

where the depth y is measured at a distance x from the watershed at moment t .

For the recession phase

$$(n+1)cy^n \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = -K_{tc} \quad (4)$$

the infiltration rate under recession depends upon the dynamics of the area of the water table

$$K_{tc} = \lambda_t K_g = \lambda_0 \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^\delta K_g,$$

where τ is the duration of recession, K_g and K_{tc} —the actual infiltration rate and that related to the whole slope width, δ —the indicator of the form of microprofile, and λ_0 and λ_t are coefficients of surface flooding at time t . These parameters are related to the type of microprofile and are defined experimentally. The integration of equation (4) was performed for several kinds of rill current (parallel-current and concentrated one) under linear and parabolic microprofile outlines.

A simple analysis of equation (3) shows that under limiting conditions $y = 0$, when $x = 0$ or $t = 0$, which characterize rainfall runoff, value $y = f(x, t)$ has a gap for x and t values, corresponding to the travel of the runoff wave.

With reference to the combination of the process factors, surface runoff may be expressed by different functions. This is characteristic for other types of runoff as well.

It has already been proved ⁽²⁾ that attempts at simplified mathematical analysis of runoff dynamics in time (N. M. Bernadski, R. E. Horton), with the assumption of continuity of its elements along the water course, do not give satisfactory results. Correspondingly, numerous methods of streamflow routing are erroneous just because of the assumption of continuity of flow all over the calculated river section. The general integration of equations (with h_t assumed to be an arbitrary function of time) has enabled the definition of the following forms of rainfall surface runoff:

1. Complete runoff, taking place along short slopes, the length of which l is less than the wave route x_t , while

$$x_t = (n+1)c \int_0^t S_t^n dt \approx c h_t^n t^{\frac{1}{n+1}} \quad (5)$$

2. Incomplete finished runoff, taking place when l exceeds x_t , but it is smaller than the length of flattening l_m , upon which the saturation of the whole layer of water production is being accomplished.

3. Unfinished runoff, existing when $l > l_m$, and runoff is performed from slope strips of a length l_m , which are adjacent to gullies, while the whole water being precipitated upon the rest of the basin is infiltrated.

The development of the modulus of incomplete as well as of unfinished runoff results in the formula:

$$q_t = \frac{c}{e} S_t^{n+1}, \quad (6)$$

where

$$S_t = \int_0^t h_t dt,$$

i.e. the layer of water production for the total period of time t , equal to \bar{h}_t . The maximum value of $q_{ex. u.}$ and S_T corresponds to the total period of water production T .

For the case of complete runoff the general solution is expressed in a rather complex way through transcendental functions of water production. The approximation of this solution is accomplished by means of a simple expression

$$q_t = \varepsilon \bar{h}_g, \quad (6)$$

where \bar{h}_g is the medium rate of water production for the preceding period of travel of the runoff wave t_c , and ε —the perturbation factor, depending upon the outline of the diagram of water production. For symmetrical diagrams $\varepsilon = 1$, while for moderately asymmetrical or "pulsing" ones it approaches unity.

Being related to the losses in surface rills during recession, i.e. to the characteristics of the microprofile, the amount of rainfall surface runoff is expressed in a complex analytical way. By assuming some simplifications and making use of the data of a great number of runoff gauging stations of the USSR and the USA we arrived at the formula for calculation of finished (complete and incomplete) runoff:

$$Y_m = S_T - a_2 \varphi^{2/3} \sqrt{S_T}, \quad (7)$$

where the geomorphological index is

$$\varphi = \frac{l}{\sqrt{I}} = \frac{500}{a \sqrt{I}}$$

(a being the density of streamflow channels). Some values of soil parameter a_2 are given in Fig. 2.

Fig. 2

	SURFACE RUNOFF	Rate $v = cy^n$
Differential Equations: 1) Phase of water production		
	$(n + 1) cy^n \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = h_t$	(3)
2) Recession phase		
	$(n + 1) cy^n \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = -K_{tc}$	(4)
where		
	$K_{tc} = \lambda_t K_g = \lambda_0 \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^\delta K_g$	
For linear microprofile		
	$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2 S_T}{\Delta H}}$	
$(S_T$ —total layer of water production, ΔH —profile unevenness, mm.).		
Takes place under $l < x_t$, where	Complete Runoff	
	$x_t = (n + 1) c \int_0^t S_t^n dt \approx c \bar{h}_t^n \frac{1}{n+1}$	(5)
Modulus	$q_t = \varepsilon \bar{h}_g$	(7)

Incomplete Runoff ($l < x_t$)

$$q_t = \frac{c}{e} S_t^{n+1} \quad (6)$$

where

$$S_t = \int_0^t h_t dt = \bar{h}_t t$$

Runoff layer

$$Y_m = S_T - a_2 \varphi^{2/3} \sqrt{S_T} \quad (8)$$

Where

$$\varphi = \frac{l}{\sqrt{I}} = \frac{500}{a \sqrt{I}}$$

Value of a_2 : for chestnut — coloured soils — 0,004; for south. chernozem — 0,0045; for notmal chernozem — 0,0055.

Unfinished Runoff

when $l < l_m$, where

$$l_m = 0,7 C \frac{S_T^{n+1}}{K \tau_c}$$

For unfinished runoff there is developed a formula of another kind, though the case in question is of less practical importance, as here high floods do not happen.

In the zone of high-level ground waters, especially permeable forest grounds, rain storm water production is substituted by the rainfall one: the level of the water table of ground water having been raised there appears a hundred per cent discharge of the whole rainfall water from the flooded lowlands. The rainfall water production starts after the filling of the minimum capacity of the aeration zone in the lowest point of the slope. A certain critical value of momentum saturation M_{5kp} corresponds to the beginning of runoff from the particular watershed. Analysis showed that the values of M_{5kp} may be classified or related to particular regions in accordance with the geomorphological conditions.

By typifying the curves of increase of capacity of the aeration zone in the direction from the water sources to the ridges it is not difficult to develop the limiting conditions for surface runoff and find solutions for equation (3). So, for instance formulae have been developed for linear changes of capacity of soils: for the modulus

$$q = \frac{\Delta_t x_t}{x_t + \Delta_t} \cdot \frac{\bar{h}_0}{l} \quad (9)$$

and for the amount of runoff $y = \sigma P$

$$\sigma = \frac{P}{2\delta H_m} \quad (10)$$

Here Δ_t is the length of the water production zone equal to

$$l \frac{P}{\delta H_m},$$

δ —the specific yeald, H_m —the critical capacity of the aeration zone near the ridge, and P —the excessive rainfall precipitating after the establishment of critical conditions.

For mixed (rainfall and rainstorm) water production there may be suggested the following formula:

$$\left(1 - \frac{A_t}{l}\right) \left(S_T - a_2 q^{2/3} \sqrt{S_T}\right) + \frac{P^2}{2\delta H_m}. \quad (1)$$

There have also been developed formulae for the duration of recession period and hydrograph equations for all kinds of surface runoff. With the aim of forecasting, the hydrograph may be computed on the basis of particular diagrams of rainfall and water production, which for calculations it is to be typified. One of the simplest and theoretically most satisfying the method of typification of the surface runoff hydrograph by means of a simple parabolic triangle.

STREAMFLOW RUNOFF

The equation of streamflow runoff is

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = Q'_{xt}, \quad (1)$$

where Q and ω are the discharge and flow section at moment t and at a distance x from the riverhead, and Q_{xt} is the local inflow per unit length of channel. For "elementary" streams which receive water only from land slopes, inflow may be assumed a function of time only $Q_{xt} = Q'_t$. As there is no difficulty in combining Q with ω in a power relation the general solution of equation (12) appears possible for an elementary flood. But practical development on the basis of this solution acquire different functional expressions for various channel conditions. On streamflow systems local inflow cannot be judged as a continuous function of x . By sketching the structure of the streamflow system vertically and in plan the inflow may be considered as a typified and time variable epure, which includes areas of approximated minor inflow and points of concentrated inflow. For this epure the integration of the equation is possible for streamflow systems as well. But the outstandingly complicated way of the above development excludes its practical application, while its universality is limited by typification. Therefore the theory of streamflow runoff has been developed in a different way.

Primarily there has been found an approximate but universal solution. Then there were introduced corrections taken from the comparison with data of the exact integration of solvable particular cases, the corrections being generalized afterwards. The assumption of constant speed of the flood wave appeared to be most satisfactory as a first approximation for this case.

The integration of streamflow runoff equations enabled four forms of rainfall flood to be established: 1) the rapid one, 2) the developed, 3) the reduced, and 4) the multi-cycle flood.

Developed flood takes place when the time of channel travel t_p is less than the length of the period of surface inflow T_0 , while the inflow from the whole basin takes part in the formation of the discharge. Under such conditions the streamflow section area at moment t_φ may be defined as follows:

$$\omega_{t_\varphi} = \alpha \int_{t_\varphi - t_p}^{t_\varphi} B'_t Q'_t dt = K_1 \frac{y_{t_p}}{t_p} \quad (13)$$

Here Q'_t is the surface inflow per linear metre of elementary streamflow channel, B —the isochrone length crossing the main stream at a distance l_t from the riverhead, while $t' = t - t_p - t_\varphi$, y_{t_p} is the amount of surface runoff taken at a preceding time interval equal to the lag time; K_1 is the hydrographical factor equal to the relation between $\int B_t Q_t dt$ and $\bar{B} \int Q_t dt$, that

depending upon the form and time combination of the isochrone curve B_t' and the hydrograph surface inflow Q_t .

Reduced runoff takes place, when t_p exceeds T_0 but is smaller than the interval between runoff producing rains, which depends upon the frequency and the climate (approximately—hours). In this case the discharge in the downstream section is formed by the simultaneous flow from only a part of the basin and at moment t_p the section area is

$$\omega_{t_p} = \alpha \int_0^{T_0} B_t' Q_t' dt = K_2 \frac{y_m}{t_p}. \quad (14)$$

where K_2 is the second hydrographical factor similar to K_1 .

Multi-cycle runoff takes place, when t_p exceeds the calculated period without inflow. The discharge is formed by the amount of surface inflow for t_p days, the active area consisting of a series of belts located between isochrones, and the water movement between these belts is of a transit character. The formula of multicycle runoff is actually identical to (13), requiring only the substitution of the integration limits or of K_1 for the corresponding multi-cycle runoff coefficient K_3 .

Rapid runoff takes place at minute basins, when t_p is smaller than $T - t_c$. As a matter of fact, this type of runoff is a subtype of the developed one and it is defined by equation (13). But the formula for calculation of rapid runoff is realised in a way different from that used for developed runoff. There are five types of snowmelt runoff.

By means of comparing the formulae developed with the exact solutions arrived at for elementary channels and separate system section there has been developed a method for the definition of the design speed of the streamflow wave. For an elementary channel the best result is achieved (the error does not exceed 1-2 per cent) by defining the component as the maximum speed of the current at the downstream section. The design wave travel in the streamflow system is defined with a slightly larger error by means of the formula $V = \alpha C_0 C_2 V_{\max} = C_3 V_{\max}$, where V_{\max} is the maximum speed at the downstream crosssection calculated for a medium slope of the river, α —the factor of the longitudinal river profile, C_0 —the flattening factor en route, and C_2 —the coefficient accounting for the flattening under concentrated inflow C_3 —the general calculation coefficient related to the system classification order (that is—the number of inflow "tiers"; see fig. 4). A phase coefficient C_t , which varies depending on the flood phase, is introduced into the formula for the calculation of other hydrograph ordinates.

Fig. 3

RAINFALL SURFACE RUNOFF

$$q = \frac{\Delta_t x_t}{x_t + \Delta_t} \cdot \frac{h_0}{l} \quad (9)$$

where

$$\Delta_t = l \cdot \frac{P}{2\delta H_m}$$

Runoff layer $y = \sigma P$, where

$$\sigma = \frac{P}{2\delta H_m} \quad (10)$$

Mixed (Rainfall + Rainstorm) Runoff

$$y_m = \left(1 - \frac{\Delta_t}{l}\right) \left(S_T - a_2 \varphi^{2/3} \sqrt{S_T}\right) + \frac{P^2}{2\delta H_m} \quad (11)$$

Fig. 4

STREAMFLOW RUNOFF

General Equation

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = Q'_{xt} \quad (12)$$

A. Developed runoff $t_p < T_0$

$$\omega_{tp} = \alpha \int_{t_p - t_p}^{t_p} B_t' Q_t' dt = K_1 \frac{y_{tp}}{t_p} \quad (13)$$

where

$$t' = t + t_p - t_p$$

and

$$K_1 = \frac{\int B_t' Q_t' dt}{\bar{B} \int Q_t' dt}$$

B. Lagging runoff

$$\omega_{tp} = \alpha \int_0^{T_0} B_t' Q_t' dt = K_2 \frac{y_m}{t_p}$$

Wave rate

$$V = \alpha C_0 C_2 V_{\max} = C_3 V_{\max}$$

Streamflow classification order $n = 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 6 \quad \infty$ Computation factor $C_3 = 1,00 \quad 0,90 \quad 0,87 \quad 0,82 \quad 0,77 \quad 0,75$

$$V = B_c \sqrt[4]{Q_j} \quad \text{or} \quad V = B_{cj}^{1/3}$$

PRINCIPLES AND METHODS OF DEVELOPMENT OF FORMULAE FOR FLOOD CALCULATION

Flood runoff is the result of the transformation of surface inflow in the streamflow network. Therefore the main problems of calculation are, first of all—the definition of surface water production and runoff, and then—of the time of travel of the flood wave along the channel systems. The definition of water production as fractions of precipitation does not give any positive results with the exception of areas containing high-level ground waters. The commonly used separate probability evaluation of rainfall and losses, to say nothing about the identification of frequencies of runoff and rainfall, do not suffice either. It is practically impossible to find out such a combination between the characteristics of runoff producing rainfall and the preceding moistening, which forms the runoff of a design frequency. The method suggested here is based on the application of formulae of losses, expressed through the momentum of preceding precipitation.

On the basis of rainstorm-gauging data, concrete plottings are made for water production on particular lands and crop rotation fields for a period of a number of years, and the results are statistically treated. This solves the problem of definition of runoff frequency, as it is practically identical to that of water production. The simple formulae are $S_t = \Delta_s t^{1/3}$ for intrastorm and $S_{tp} = S_T t^{1/3}$ for multi-cycle water production, Δ_s being the parameter entitled "the power of water production", t —the intrastorm interval in minutes, and t_p —the number of days (cycles). Diagrams of single-case amounts and powers of water production of various frequencies for different soils, lands, rotation fields and whole crop rotation have been built up on the basis of the above method for the territory of the Ukrainian SSR, the Moldavian SSR and several other rainstorm areas. Then, with reference to the zonal conditions, the average percentage of ploughing etc., there were plotted diagrams of zonal water production, applicable for calculation.

ns on large scale streams. For calculations of runoff from small watersheds the characteristics soil cover and distribution of lands are accounted for by means of the introduction of a l factor (fig. 5). The treatment of data from groups of storm gauging stations results in the mula of areal reduction of water production.

Fig. 5

WATER PRODUCTION

Intra-rainstorm production

$$S_t = \Delta_s \sqrt[3]{t} \quad \text{and} \quad S_T = \Delta_s \sqrt[3]{T}$$

Multi-cycle rainstorm production

$$S_{tp} = S_T t_p^{1/3}$$

Abridged Table of Soil Factors

Frequency	1	2	5	10
Soil type				
Chestnut-coloured	1,40	1,43	1,50	1,64
Sout. chernozem	1,19	1,19	1,19	1,19
Virgin south. chernozem	0,54	0,50	0,48	0,41
Normal chernozem	1,00	1,00	1,00	1,00

It is advisable to combine the synthetic method with the definition of zonal water production based on hydrometrical data by means of backward calculation with the use of runoff formulae. Usually the results obtained by both ways of analysis coincide.

The best method of finding the streamflow wave speed consists of the combined analysis of streamflow gauging data per station and the data of the lag time of corresponding water levels on sections comprising a small scale inflow. By this method there have been defined ve types of lowland rivers with different relations between the speed and discharge. Practically their application may be confined to two relations: $V = B_c \sqrt[4]{Qj}$ for gullies and rivers with narrow flood valleys (B_c being defined by means of a scale with reference to the type of channel), and $V = B_c' j^{1/3}$ —for rivers with wide flood valleys (j being the channel slope).

For forecast calculations there are applied general genetic formulae and particular water production plottings, and isochrone maps as well as isochrone curves are built up. The plotting is performed for a normal discharge, while, when defining the areas between isochrones, phase coefficients are accounted for and a correction for discharge is introduced.

For the calculation of floods there is also of interest the development of generalised formulae, which include the typification of some components of the process in question. Some technical difficulties appear in the course of calculation, because the theoretical expressions are different for each of the four types and two sub-types of runoff; they are rather complicated, and the choice of the formula to be used depends upon the value of the discharge being defined. Nevertheless there may be singled out such hydrological areas, inside which the combinations of factors acting do not change considerably, thus permitting a reduction in the number of formula components by means of substituting secondary factors by their mean values or regional relations with principal factors.

The smoothness of passing over from one type of runoff to another enables one to express the area and slope by means of the length of the stream, also to assume mean values of hydrographic factors, and thus to simplify exceedingly the expressions defining the applicability

of each runoff formula. Thus, for the steppe zone of the Ukraine we have succeeded in confirming the applicability of the multi-cycle runoff formula by the inequality $L > L_2$, where L_2 is the critical length of the main channel defined by means of a table (approx. $L_2 = 60$ km). The formula of reduced runoff is applicable, when $L_2 > L > L_1$, where L_1 is given in another table (approx. 5 km). The application conditions for the formulae of complete and incomplete surface runoff, as well as the formulae of discharge are easily expressed through φ and θ . This enables one to construct a combined plotting defining the surface runoff (fig. 6). The figure presents as an example the basic formulae of rainstorm flood peaks for the steppe lowland zone. Parameters of formulae (9) to (11) have been classified for northern rivers and then isoline maps have been drawn in an analogous way.

It should be noted that the practical application of theoretical formulae cannot be universal as any genetic method of runoff calculation must be of a regional character.

Fig. 6

PLOTTING MODIFYING THE MAXIMUM MODULUS OF SURFACE SLOPE RUNOFF

UNDERGROUND RUNOFF

The theory of underground runoff as a multi-layer stream, comprising a series of drainage "tiers", was reported at the previous symposium (13, 7). The analysis of the equations developed shows that the value of underground runoff is dependant upon: 1) percolation into groundwater, which depends upon the climate and human activities, and 2) the rate of interception of the total percolation for the particular erosion system under the existing geological conditions, which depends upon the draining of the water located at deeper levels. The discharge of each aquifer depends not only on its qualities, but also upon the hydrogeological characteristics of the upper and lower layers.

For the reasons mentioned above the theoretical formulae of underground runoff are complex and comprise a great number of hydrological parameters, the exact definition of which for large scale basins is hardly possible. Therefore, for practical purposes the results of numerical computations based on theoretical equations may be expressed by the following approximate semi-empirical formula:

$$y_{2p} = U \operatorname{th} \left(a_r \sqrt[4]{\frac{F}{F_{1kp}} - 1} \right). \quad (12)$$

Here a_r is the hydrogeological parameter, F_{1kp} —the basin area of the riverhead (averaged for the whole system).

The actual underground inflow to the river during the time of the flood is being transformed in the course of water exchange in the river alluvium. The integration of the equation of water exchange proved that after the beginning of flooding underground inflow is reduced to minimum at the flood peak, then it increases to maximum at the point of maximum recession gradient and after that it creates a flood train. The inflow volume is quite accurately accounted for by means of a simple linear separation of the hydrograph.

ANNUAL AND SEASON RUNOFF

It is common practice to depict the typical zonal values of the annual runoff rate from large scale basins by means of isolines in relation to climate. The intrazonal factors are accounted for by means of introducing a series of correction factors for the values taken from the isoline map. However, as annual runoff is formed by various elements (rainfall, snowmelt, ground

(water, glacier water), which react to similar factors in different ways, and sometimes even in an opposite way, another method of analysis is more rational, the method being based on singling out of genetically uniform runoff elements and establishing their relation to zonal (mapping) and non-zonal factors. The further improvement of the method of scientific generalization is achieved through the theoretical basing of the functional expression of the calculation relations.

The summation of the genetic expressions of the rate of snowmelt, rainfall and ground water inflow results in the following formula:

$$Q = S_{\min} (1 + a_4 \alpha \sqrt{I}) + S_g - a_2 \varphi^{2/3} \gamma_n \sqrt{S_g} + U \operatorname{th} \left[a_r \left(\frac{F}{F_{1kp}} - 1 \right)^{1/4} \right], \quad (16)$$

where S_{\min} is the minimum height of spring runoff, corresponding to a whole flat profile, S_g —the total height of rainfall water production, γ_n —the zonal parameter, related to the distribution of rainfall inflow events throughout the year, a_4 —the parameter characterising the curve of snow cover distribution, values S_{\min} and a_1 are defined by means of plotting the relation of spring runoff to factor φ , the values of S_g and H_6 are defined analytically by means of hydrograph separation, or synthetically—by means of application of artificial rain. The component is evaluated through the fluctuations of the water table of ground water and the runoff of large scale rivers, while parameter a_r is found from the comparison of underground runoff of large and small scale rivers. Parameters S_{\min} , U , S_g and γ_n are plotted on maps, while the influence of some intrazonal factors (forest vegetation etc.) is accounted for by means of introducing correction factors or functions. Parameter a_r , though varying from zone to zone (on the average from 0.1 for dry steppe to 0.8 in zones of high-level ground water), depends on the geological structure as well. Therefore it is more convenient to confine it to particular areas. The rest of the parameters are given in tables as has been done for the territory of the Ukraine.

Formulae* for the calculation of seasonal and extreme annual runoff are developed in a similar way.

A. N. BEFANI.

Fig. 7

SOME FORMULAE FOR THE CALCULATION OF RAINSTORM FLOODS IN THE STEPPE ZONE

1. Accelerated runoff

$$q = \frac{16,7}{(N + 0,97 M)^{8/7}} \quad M^3/\text{km}^2 \text{ cub.m. per sq.km.}$$

where

$$N = \frac{\varphi^{2/3}}{3,5 \Delta_s^{3/8}} \quad \text{and} \quad M = \frac{8,3 L}{B_p \Delta_s^{2/3} \sqrt{jF}}$$

Note:

Used only for shallowest watersheds when $\varphi < \varphi_{np}$

Values of φ_{kp} (Abridged Table)

$L/l =$ S_{\max}	0	1	4
15	546	408	182
30	1425	1116	542
60	2917	2352	1220

Values of B_p (Abridged Table for Rivers with Moderately Developed Flood-Lands)

Order of system	1	2	3	4	6	> 6
B_p	1,40	1,26	1,22	1,15	1,08	1,05

II. Developed runoff

Reduction factor of water production $q = \delta K_F q_{ex.u.}$

$$K_F = \frac{1}{1 + 0,003 F^{3/4}};$$

» δ » value	$D = \frac{33^{3/4} q_{ex.u.}}{B_p y_m \sqrt[4]{jF}} = 0,76$	0,7	0,5	0,3	0,10
$\delta =$	$= 0,45$	0,48	0,6	0,75	0,921

to be used, when $L < L_1$

III. Lagging runoff for $L > L_1$, but $m < L_2$,

$$Q_{\max} = \left(\frac{K_F F}{L} K_2 B_p Y_m \right)^{4/3} j^{1/3}$$

K_2 —to be taken from table; medium value $K_2 \approx 1.42$

Multi-cycle runoff is defined in a similar way, but other tables are to be used.

Fig. 8

NORMAL UNDERGROUND AND STREAMFLOW RUNOFF

$$y_{2p} = U th \left(a_r \sqrt[4]{\frac{F}{F_{1kp}}} - 1 \right) \quad (15)$$

$$y_0 = S_{\min} \left(1 + a_4 \alpha \sqrt{J} \right) + S_g - a_2 \varphi^{2/3} \gamma_\lambda \sqrt{S_g} + U th \left(a_r \sqrt[4]{\left(\frac{F}{F_{1kp}} - 1 \right)} \right) \quad (16)$$

LIST OF LITERATURE

(The works mentioned below comprise a detailed account of the principal problems of this report).

1. А. Н. Бефани — Вопросы теории и расчета стока. Метеорология и гидрология. № 12, 1957 г.
2. А. Н. Бефани — Основы теории ливневого стока, ч. 1, Труды ОГМИ, вып. 4, 1949 г.
3. А. Н. Бефани — Основы теории ливневого стока, ч. 2, Труды ОГМИ, вып. 14, 1958 г.
4. А. Н. Бефани — Основные положения теории речного стока. Труды ОГМИ, вып. 12, 1958 г.
5. А. Н. Бефани — Новый метод расчета максимальных ливневых расходов в условиях степной полосы Украины. Там же.
6. А. Н. Бефани — Основные положения теории стока подземных вод. Гидрологический сборник, Ленинград, 1959 г.
7. А. Н. Бефани — Вопросы теории и расчета подземного стока. Труды II Всесоюзного гидрологического съезда, т. IX, 1959 г.
8. А. Н. Бефани — Теория процессов речного стока и обоснование методов расчета элементов водного режима. Там же, т. II.

9. А. Н. Бефани, Н. Ф. Бефани, Е. В. Терентьев и друг. — Экспериментальные исследования поверхностного стока и методы обобщения опытного материала. Там же.
10. Н. Ф. Бефани — К вопросу о теории впитывания ливневых вод в почву. Труды ОГУ, сборник геолого-географического факультета, т. 2, 1954 г.
11. Н. Ф. Бефани — Расчет впитывания ливневых вод каштановой и подзолистой почвы. Там же вып. 3, 1955 г.
12. Н. Ф. Бефани — Добегание ливневых вод со склонов. Труды ОГМИ (вып. 12, 1958 г.
13. A. N. Befany — Principes fondamentaux de la théorie du mouvement des eaux souterraines. Bulletin de l'Association Internationale d'Hydrologie Scientifique. № 9, mars 1958.

TRANSPORTS SOLIDES EN AFRIQUE NOIRE A L'OUEST DU CONGO

J. RODIER

Ingénieur en Chef à Electricité de France

Chef du Service Hydrologique de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

L'ensemble des phénomènes qui se rattachent à l'érosion n'avait encore fait l'objet d'aucune étude dans cette partie de l'Afrique, il y a une dizaine d'années et même, à l'heure actuelle, on rencontre des opinions assez contradictoires en cette matière. C'est que, dans le cas général, il existe à la fois des éléments très favorables et très défavorables à une forte érosion.

La rigueur de la saison sèche avec la disparition d'une grande partie de la végétation, les fortes intensités de pointe des averses sont de nature à permettre un entraînement rapide des parties superficielles du sol. Le manque de vigueur du relief, le faible pourcentage de terres cultivées et la coïncidence de la saison des pluies avec la période de croissance des végétaux agissent en sens inverse. En outre, comme on le verra plus loin, une forte dégradation spécifique vers la ligne de partage des eaux des bassins versants, ne correspond pas obligatoirement à une forte valeur de la turbidité sur les fleuves.

Pour bien saisir ces phénomènes, il est nécessaire de les étudier depuis le champ du pays jusqu'au bassin de plusieurs dizaines de milliers de km². Les moyens dont on dispose pour cette étude sont :

1) Les parcelles expérimentales dont les dimensions dépassent difficilement dans cette partie de l'Afrique 600 m². Cette limite correspond à la faiblesse des moyens techniques et financiers dont on dispose. A la sortie de ces parcelles, on mesure le transport solide total qui est plus à l'aval, se répartirait entre colluvions, suspension et charriage.

2) Les fosses à sédiments : leur capacité ne dépasse pas quelques m³ et les dimensions des bassins qu'elles contrôlent doivent être limitées par le fait que les sédiments amenés dans la fosse par la plus forte crue ne doivent pas la combler. Ces dimensions dépassent rarement 20 hectares (1). On mesure, à la fois, dans ces fosses, les quantités de matières charriées et en suspension. Le volume des sédiments accumulés dans la fosse à chaque averse est mesuré par pesées de matières en suspension sont effectuées sur des échantillons prélevés à la sortie du déversoir de la fosse.

3) Pour des bassins de plus grande superficie, des prélèvements sont effectués à intervalles réguliers dans le cours d'eau et leur turbidité est mesurée après floculation des colloïdes. On mesure ainsi le débit solide en suspension. La méthode la plus utilisée consiste à prélever des échantillons répartis également dans une section pour une hauteur d'échelle donnée. Le prélèvement est effectué, soit au moyen de la turbidimètre, soit avec une simple pompe qui aspire les matériaux transportés sont suffisamment fins. Dans certains cas, on a pu apprécier le charriage de fond, soit par l'emploi de pièges à sable qui ne donnent pas de meilleurs résultats que dans les autres parties du monde, soit par le déplacement des bancs de sable.

Les conditions climatiques varient beaucoup d'un point à l'autre de la partie de l'Afrique qui nous intéresse; aussi, avant de présenter les quelques résultats obtenus, il a semblé utile d'indiquer de façon qualitative les caractères généraux de l'érosion pour les diverses zones.

Tout au Nord, en bordure du Sahara, les averses sont intenses et brèves, la maigre couverture végétale ne protège pratiquement pas le sol, mais seules les zones à pentes assez fortes ou fortes donnent lieu à ruissellement. En outre, le sol a souvent disparu des versants les plus raides et le nombre de crues est faible, de sorte que la quantité de sédiments transportés chaque année, à l'issue d'un petit bassin n'est pas très élevée. Les grands bassins sont rares et le degré de dégradation hydrographique est tel que des zones de dépôts nombreuses existent.

(1) Notons qu'à MADAGASCAR, des fosses à sédiments ont été aménagées pour 250 hectares.

général, tout le long du cours principal, de sorte que la quantité de matériaux transportée diminue assez rapidement de l'amont à l'aval.

Plus au Sud, dans ce que les hydrologues appellent la «zone sahélienne» (entre les isohyètes de 500 et 750 mm), les averses sont beaucoup plus nombreuses mais la couverture herbacée se développe dès les premières averses, de sorte que, pendant la seconde partie de la saison des pluies, on trouve des hydrogrammes beaucoup moins pointus, dénotant un ruissellement moins violent, donc une érosion moins active. Pour les cours d'eau de quelque importance, la pente moyenne est faible, en général, de sorte que si l'érosion sur parcelle est très forte, les quantités de matières transportées à l'issue d'un bassin de 1.000 ou 2.000 km² sont loin de présenter des chiffres record. Mais si la pente est forte (ce qui est rare), la turbidité est élevée, même dans le cours inférieur des cours d'eau et les quantités de matières transportées sont alors comparables à celles qui sont observées en Afrique du Nord.

Plus au Sud encore, en zone tropicale et, surtout, en zone tropicale de transition, l'influence de la couverture végétale naturelle devient prépondérante et la turbidité des cours d'eau est faible. Mais si le sol est en culture, la protection de la végétation est, à moins de précautions spéciales, beaucoup plus faible qu'avec le couvert naturel et compte tenu du grand nombre d'averses orageuses toujours aussi intenses que dans le Nord, l'érosion est forte.

Dans la forêt équatoriale, l'érosion est assez faible en général, elle n'est cependant pas nulle. Enfin, au Sud de la forêt équatoriale, pour divers raisons plus ou moins bien connues : averses orageuses plus intenses à latitude égale que dans l'hémisphère Nord, végétation couvrant moins bien, sol présentant moins de cohésion, l'érosion devient vite assez intense, donnant lieu à des arrachements analogues à ceux de MADAGASCAR (lavaka).

Les résultats des parcelles d'érosion ont été présentés dans la thèse de F. FOURNIER :

«Contribution à la conservation du sol en Afrique Occidentale»

dans quelques notes du même auteur, présentées au Congrès de TORONTO de l'U.G.G.I. (1957).

A l'échelle de la parcelle expérimentale, les données recueillies ne concernent malheureusement que les régions tropicales de transition et les régions équatoriales. Elles donnent, pour les terres cultivées, des valeurs élevées qui sont renforcées dès que la pente dépasse 1 ou 2 %. En outre, on entendu, la nature du sol intervient. Pour des cultures d'arachide, sans précautions spéciales, on trouve des dégradations spécifiques de 400 à 1.500 Tonnes/an. km² (2). Le passage du climat tropical de transition au climat équatorial n'apporte pas de réduction de cette dégradation sur *Parcelle cultivée*, ce qui est normal puisque la zone équatoriale est caractérisée par une couverture naturelle efficace contre le ruissellement et que les modes de culture courants font disparaître cette couverture. Mais, par contre, les pratiques de conservation du sol sont efficaces : elles permettent, dans certains cas, de réduire de trois à huit fois la dégradation spécifique.

Les parcelles, couvertes par la végétation naturelle, montrent des valeurs d'érosion beaucoup plus faibles que les zones cultivées. On trouve, par exemple, des dégradations spécifiques de 2 à 20 tonnes par an pour des pentes modérées; les chiffres les plus faibles correspondent à la forêt. Mais si la pente s'accroît, la protection de la forêt est beaucoup moins efficace : sur des pentes de 12 à 15 % à ADIOPODOUME on a trouvé, par exemple, des pertes de 242 T/an. km².

Par ailleurs, la couverture végétale dans les zones sahéliennes et subdésertiques n'offre pas qu'une protection insuffisante et, comme on le verra plus loin, des parcelles dans ces régions souffriraient certainement, même pour des pentes ne dépassant pas 2 %, des valeurs de plusieurs centaines de tonnes par an et par Km².

Si l'on passe à des superficies plus grandes, la perte de terre diminue. Elle diminue d'autant plus que l'on se rapproche de l'Equateur. Les raisons sont diverses :

a) Tout d'abord, un bassin réel comporte à la fois des terres cultivées et des sols couverts par la végétation naturelle.

b) La pente moyenne diminue.

(2) Toujours pour ces pentes de 1 à 2 %.

c) Une partie des matériaux arrachés au sol se dépose sous forme de colluvions et d'autant plus facilement que la couverture végétale est plus dense. Nous avons vu, par exemple un plateau très érodé en région tropicale de transition, dont les produits d'érosion se déposent en majeure partie avant même d'atteindre le réseau hydrographique.

d) Il y a encore dépôt à la rencontre des petits thalwegs avec la rivière principale.

e) Enfin, pour les grands cours d'eau, il y a dépôt dans les plaines d'inondation.

Quels résultats ont donné les fosses à sédiments ?

Les premières ont été installées dans les zones à forte érosion, à la limite de la zone sahélienne où précisément l'érosion ne diminue pas beaucoup de l'amont à l'aval. On a trouvé des valeurs de l'ordre de 500 tonnes par an et par km^2 (pentes 2 à 3 %). Mais on trouve certainement des valeurs beaucoup plus faibles dans les régions de savane boisée et, à forte raison, dans les régions de forêt, à condition, bien entendu, que la proportion des zones cultivées ne soit pas trop forte.

Les mesures de suspension sur grands cours d'eau ont conduit à des résultats beaucoup plus faibles pour les raisons que nous avons données plus haut.

Dans le Massif de l'AIR, par exemple, en région subdésertique, on a trouvé, pour un bassin de 1.200 km^2 environ, une dégradation spécifique moyenne de 10-25 tonnes par an et par km^2 (uniquement suspension) avec des turbidités en crue atteignant 2.000 g/m^3 mais l'écoulement est très faible.

Dans les régions tropicales, les transports totaux (suspension et charriage) correspondent à des valeurs variant de 25 à 50 tonnes par an et par km^2 , pour des bassins de plus de 20.000 km^2 avec des turbidités qui dépassent rarement 500 g/m^3 en crue et sont plus souvent voisines de 200 g/m^3 . Ces chiffres ont été relevés sur le NIGER, le CHARI, le LOGONE et la BENOUÉ. Ils sont à rapprocher de ceux observés sur parcelles avec couverture végétale naturelle ou forestière. Il y a en plus des zones cultivées ou à forte pente où la dégradation spécifique est très supérieure à 50 tonnes par an et par km^2 puisqu'elle atteint facilement des valeurs 10 fois plus fortes mais, comme nous l'avons expliqué plus haut, il se produit des dépôts qui ont un effet inverse.

Les rivières à forte pente, telle que le FARO par exemple, présentent des dégradations plus fortes : 90 tonnes par an et par km^2 .

Dans les régions forestières, les quantités de matières en suspension deviennent très faibles. On le sait de façon qualitative mais, à notre connaissance, aucune mesure n'a été faite jusqu'ici malheureusement.

Les variations de la turbidité au cours de l'année ont pu être suivies à la station de mesure sur le LOGONE. Elle est de façon générale beaucoup plus forte à la crue qu'à la décrue mais, en outre, elle varie, toutes autres conditions restant les mêmes par ailleurs, avec l'avancement de la saison des pluies. C'est ainsi que, pour deux débits identiques correspondant à la pointe montante de deux pointes de crue, l'une en Juillet, l'autre en Octobre, la turbidité sera cinq ou trois fois plus faible dans le second cas. Il n'est donc pas possible d'établir de formule valable liant les transports solides au débit. Tout ce que l'on peut faire, c'est prendre une turbidité moyenne pour l'ensemble de la saison des pluies et la multiplier par le volume de la crue. Cette façon de procéder n'est valable que pour les grands cours d'eau des régions tropicales et ne serait pas du tout valable pour les zones sahéliennes.

On peut conclure de ce qui précède que les mesures effectuées jusqu'ici commencent à indiquer un certain nombre de tendances. Mais que de lacunes à combler par des arguments plus ou moins qualitatifs ! Il faudrait plus de parcelles d'érosion dans les régions sahéliennes et subdésertiques, plus de fosses à sédiments dans les régions tropicales et équatoriales, des mesures de suspension en zones sahélienne et équatoriale, des études systématiques de l'influence de la pente et du sol, recherche de la répartition entre charriage et suspension, etc.

Pédologues et hydrologues peuvent se réjouir, ils ont devant eux un domaine où il y a encore beaucoup à découvrir même dans les données essentielles.

STREAM-GAGING PROBLEMS IN AFGHANISTAN

I. A. HECKMILLER

U.S. Geological Survey, Harrisburg, Pa.

In Afghanistan technical aid has been made available through the U.S. Operations Mission of the International Cooperation Administration (ICA) to assist in the development of the Helmand River Valley, the project with which the U.S. Geological Survey representative is chiefly concerned. Streamflow data are essential to the improvement and expansion of irrigation systems and in the development of hydro-electric power. These data were nonexistent in Afghanistan until the mid 1940's, when a stream-gaging program was initiated by the Morrison-Knudsen-Afghanistan Company (MKA) retained by the Royal Government of Afghanistan (RGA) to study, evaluate and develop its resources.

U.S. technical assistance was initiated in Afghanistan in 1952 and a surface-water hydrographer of the U.S. Geological Survey was assigned to the program to supervise and expand the stream-gaging program set up by MKA for the Helmand Valley Authority under the RGA. In 1954, the writer was sent to Girishk, Afghanistan to relieve his predecessor upon completion of his tour. In this country, streamgaging is handicapped by two main problems. Shallow but deep irrigation canals cutting across the roads made transportation to and from gaging stations difficult. Also, there were seldom suitable bridges across the large canals from which to make discharge measurements.

The Boghra, Shamalon, Darweshan, South Arghandab and Tarnak canals in Afghanistan were built without reference to the problems a hydrographer would encounter in making discharge measurements for rating purposes. The only structures over or in the canals are weirs, drops and checks, and one road bridge over each of the canals. Neither the canal structures nor the road bridges were suitable for stream-gaging purposes, and therefore other means of obtaining the desired information had to be sought. There were numerous points in the canals where this data had to be obtained, and yet installations of permanent cableways were considered to be too costly.

To avoid the need for costly cableway installations, the writer devised a method using an automobile-mounted winch cable suspended over the canal and anchored to a second automobile



Fig. 1

on the opposite canal bank. At some localities a steel shaft driven into the landward side of the canal dike was used as an anchor in place of a second vehicle.

A traveling carriage was mounted on the suspended cable (see fig. 1). The sounding was mounted on the auto bumper with the reel cable passing through the traveling carriage. After the carriage was brought to the desired station of the cross section, by means of a line, the current meter was positioned at the water-surface with the depth indicator set at zero. The rest of the procedure was identical to that followed in bridge and cablecar measurements.

The carriage also made possible the measurement of flow in the Shiela Charhk canal near Kala Kong with the use of the ferry-boat and cable. In recent years the Shiela Charhk canal has more than doubled in width as well as in the quantity of flow. In 1955, it was spanned by a bridge less than 100 feet in length which was used in making discharge measurements. The canal is now well over 200 feet wide. After the flood damage of 1956, a ferry-boat attached to a cable replaced the bridge. The cable had considerable sag and was not elevated at the banks. To obtain the desired clearance between the cable and the water surface for the carriage, the cable was supported on the boat anchored in the canal. Since the sounding reel cable length was insufficient to span the canal the reel was mounted on the boat. As the carriage and current meter progressed toward the boat, the boat was moved from time to time so that velocity observation would be made close to the boat where the normal velocity pattern might be disturbed. This precaution was essential because the boat distorted the velocity pattern. (See fig. 2).

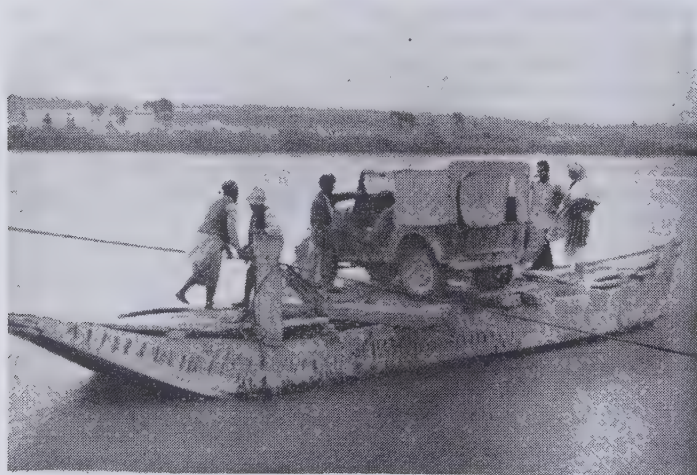


Fig. 2

In Afghanistan nearly all transportation is on foot or on the backs of horses, donkeys, camels. There are few roads suitable for automobile traffic. The roads which do exist have often been made impassable because the local residents have torn up and removed the culvert pipes. These people are dependent on their wheat crops and the pipes are useful for irrigation purposes. Not unnaturally, the native farmers are not much concerned with maintenance of the roads since they have no automobiles.

Similarly, many permanent type bridges made from truck frames became impassable because they were not maintained properly. At other sites the bridges had been removed for use elsewhere.

The ditches where culverts or bridges had once existed had to be filled in by hand on each trip to permit passage by car. Since much time was consumed in filling the ditches, or trying

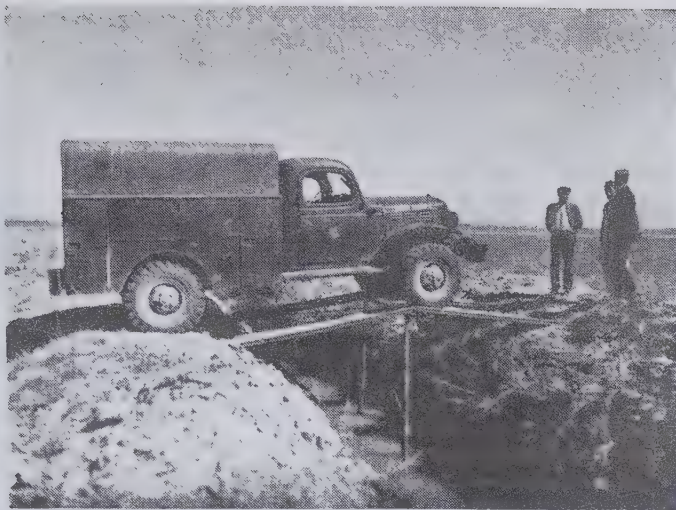


Fig. 3

to get the automobile out after it became stuck, the writer conceived the idea of using the portable adjustable bridge (shown in fig. 3). This bridge was transported and used as needed. It was adjusted to meet the various depths of the ditches encountered. The maximum width it would span was 15 feet. The height was adjustable, ranging from $3\frac{1}{2}$ feet to 7 feet. The sheet piling wheel runners would accommodate both the narrow tread of the jeep and the wider tread of the larger vehicles. The bridge was made of 35-pound interlocking steel sheet piling for wheel runners hinged over the adjustable support. The adjustable support was made of 3-inch pipe with base bearing plates and a telescoping 2-inch pipe bolted together, permitting the vertical height adjustment. It was diagonally braced with two pieces of 1-inch pipe bolted to the verticles. The top horizontal member, also of pipe, locked into the vertical legs and the sheet piling wheel runners by means of pipe lugs welded to the horizontal. It was erected by first assembling the vertical support to the required height, and placing it on the ditch bank slope with the base in the center of the ditch. The two main wheel runners were placed over the two lugs of the top cross member of the support. The support was then pushed into a vertical position bringing the wheel runners into their final position. The two remaining wheel runners were then attached by means of pins forming the hinge joint. The eleven pieces forming this bridge were matchmarked to avoid complications in assembling.

The bridge was held in a stationary position by a number of methods, each depending on soil conditions encountered. Where the ditch bank material was firm and hard it was sufficient to bury the free ends of the wheel runners for stability. But where the soil was too hard to bury the free ends of the wheel runners iron bars were driven into the ground as anchors. In sand and loose fill a second automobile was used to prevent forward movement of the bridge.

Even though this bridge was portable and could be dismantled it was heavy and cumbersome to erect. However, it was far better than the other alternative of filling the ditches which at times of high velocity was difficult and often impossible.

HYDROGÉOLOGIE DU COURS SOUTERRAIN DU RHONE A LYON

P. RUSSO

RÉSUMÉ

Le Rhône s'est progressivement déplacé du SE vers le NW par avance à la fois dans cette direction de son cours souterrain et de son cours superficiel. L'étude de l'évolution de cette érosion montre que la Rize est une relique de l'ancien cours et que le même processus doit s'appliquer à un très grand nombre de cours d'eau.

ABSTRACT

The Rhone changed progressively, from SE to NW, his underflow and his upperflow, advancing together in that direction. The study of the evolution of erosion show the Rize is a relic of the ancient flow. The like processus is proper to many rivers.

Les conditions propres à l'installation des hommes dans le Site de Lyon ont essentiellement dépendu de la disposition du Rhône et de sa balme croix-roussienne. Cette pseudo-falaise court au long du SE du Plateau et, après l'interruption qu'y crée la coupure de la Saône entre Pierre Scize et St.-Paul, elle se poursuit par le flanc de Fourvière, au-dessus de l'ancien cours du Rhône dans lequel a été conduite depuis longtemps la Saône et qui s'étend de St.-Paul à la Mulatière. La balme du Rhône a été entièrement découpée par le fleuve dans les sédiments croix-roussiens et dans ceux de la Côte de Dombes, et il est nécessaire d'examiner le processus de cette formation, pour comprendre l'évolution ultérieure de cette balme qui conditionne pour la plus large part la stabilité des immeubles qui s'y élèvent et la disposition actuelle du site de Lyon.

La présence, autrefois, du rapide, maintenant disparu, de «La Mort qui trompe», au pont du Change et les résultats des sondages anciens effectués dans les régions voisines, ainsi que diverses observations au sol, nous montrent qu'un éperon rocheux, peu à peu érodé depuis par les agents atmosphériques et les eaux courantes, a traversé jadis en sens SW-NE le cours actuel de la Saône vers la région Rue de la Platière-Place du Change. Il se raccordait avec le socle croix-roussien vers la Rue St.-Claude (près de la Place du Griffon) et le confluent Rhône-Saône était situé au voisinage des Terreaux au NE de cet éperon. Ce n'est que peu à peu que se constitua, précisément sur ce confluent et au Sud de l'éperon formant écran, une langue de dépôts alluviaux qui amorça la presqu'île Terreaux-Perrache. Le rapide du Pont du Change était ce qui restait de l'éperon rocheux de la rue St.-Claude peu à peu usé et laissant le confluent se rabattre progressivement au SE.

Or au sondage S 11, Place F. Rey, on trouve sous les remblais superficiels, et dès la cote 160 exclusivement du sable de Saône et le granite sous-jacent se situe à la cote 150. Sur le bord de la Saône, vers St.-Vincent, la cote de la rivière est à 159,90 et les graviers sont encore graviers de Saône, comme dans un ancien sondage, au Pont de la Feuillée, culée E, où le granite est à 156. Mais au Pont du Change, ce granite affleurerait, au rapide de «La Mort qui trompe», avant la destruction de ce dernier, à 160 m. Alors que d'autres anciens sondages le montrent, 600 m plus au S, vers le Pont Tilsitt, à la cote 148, sur le bord N de la Place Bellecour, à 156, et vers le Pont Morand, côté W, de nouveau à 148, supportant un alluvionnement fait, dans ces sondages situés au SE de l'éperon de la rue St.-Claude, uniquement de cailloutis du Rhône. Nous devons donc admettre l'existence d'un chenal du Rhône, et non de la Saône, oblique de NE en SW, bordé par les cotes 156 au SE et 160 au NW, et creusé jusqu'à 148 tant vers le Pont Morand que vers le Pont Tilsitt et par suite entre les deux.

Le Rhône arrivant aujourd'hui de l'ENE par la région de Neyron-Crépieux-Saint Clair suit, depuis Neyron, le pied même de la balme jusqu'à la Place Chazette. Des travaux humains

éation de quais et de bas ports, s'opposent à l'action érosive directe du fleuve, mais l'eau montante par capillarité depuis le cours souterrain fluvial, imbibé la base des masses éboulées du Glaciaire, de Préglaire et de Miocène supérieur glissant sur le flanc de la balme. Cette action crée une dissolution lente des matériaux calciques et une mise en suspension colloïdale de ceux qui sont argileux. Par suite, il y a entraînement des uns et des autres vers le cours souterrain du fleuve, formation de vides et tendance à effondrement vertical de la balme. Aussi, malgré les protections contre l'attaque directe du fleuve, n'est-on pas protégé contre cette attaque insidieuse.

Certes ces actions sont lentes et il faudrait des pressions extrêmement élevées pour provoquer dans les terrains, du moins à l'heure actuelle, des effets graves de poinçonnement. Mais tôt ou tard le fait se produira comme il s'est produit jadis.

Voyons donc la façon dont s'est constituée la balme au cours des temps écoulés depuis le début de la formation du Rhône actuel, c'est-à-dire depuis la fin du Würmien. Le fleuve sans cesse déblayé les dépôts antérieurs à sa formation. Comme il venait de l'Est, il s'est d'abord dirigé en un cours sinueux à travers la plaine que dominaient les dépôts rissiens et würmiens. Cela le conduisit à venir buter contre les hauteurs de la Croix-Rousse situées au débouché des divers torrents glaciaires würmiens et post-würmiens dont nous parlerons plus loin et qui formaient par leur réunion ce Rhône ancien. C'est pourquoi le déblaiement est actuellement surtout concentré sur les régions allant de Neyron à la Croix-Rousse.

Le cours du Rhône doit être, d'après les sondages effectués jadis et les nôtres propres, considéré comme ayant occupé dès après le Würmien, la position schématisée par le croquis n° III. On voit sur ce croquis les positions probables des îlots qui durent encombrer successivement le lit du fleuve. Les positions indiquées correspondent aux témoins encore existants des faits d'érosion et de remblaiement anciens. Sur ce croquis on voit au N, la Côtère de Dombes attaquée déjà comme elle le fut depuis, par une branche du fleuve venant de l'Est. Mais le cours principal de ce fleuve devait antérieurement être, comme on va le voir, situé plus au Sud que maintenant et il a dû peu à peu se déplacer de toute la distance séparant l'actuelle côtère de la rivière de la Rize. Dès au S de cette rivière, en effet on voit le sol se relever rapidement en falaises. La Rize paraît marquer le cours ancien d'un Rhône longeant le pied des buttes rissiennes, cours qui semblent souligner nettement les courbes de niveau et qui répond à une position méridionale du Rhône ancien, alors qu'une position médiane se montre, comme le font ressortir aussi les courbes de niveau actuelles, entre les Charpennes et Villeurbanne centre. Plus au Sud-Ouest, les atterrissements des Jacobins, d'Ainay et du Cours Charlemagne ont également, au cours de l'histoire, changé souvent de forme, mais, comme l'île Béchevelin, ont toujours été connus des hommes. Ils devaient aussi exister dès les temps post-würmiens.

Des cartes datant du XVI^e, du XVIII^e, du XIX^e siècle nous montrant certains des avatars successifs du fleuve et de son mode d'attaque de la Côtère de Dombes.

Ces documents (Croquis I, II, III ci-après) nous font voir que le Rhône a directement attaqué par érosion de son pied, la Côtère de Dombes en des temps humains fort anciens, mais que très tôt aussi on a tenté de s'opposer à cette attaque par des quais et enrochements. On voit sur le Plan Scénographique de Lyon (1548), le «Chemin de Bresse» faire, le long de l'actuel Quai St.-Clair et de la route de Genève, un rempart contre les attaques du fleuve.

D'autre part, pour lutter contre les phénomènes de dissolution et la poussée des terrains imbibés par les eaux atmosphériques, (pluie, neige, brouillards, etc) les habitants de Lyon construisirent d'énormes murs de soutènement parfois en rapports semble-t-il avec des voûtes construites parallèlement au Rhône, comme on en voit à l'Ouest du Cours d'Herbouville et sous la Rue des Fantasques.

Nous sommes donc conduits par l'examen des documents cartographiques et archéologiques, à penser que l'action du Rhône, en tant qu'agent direct d'érosion par son courant ou en tant que niveau de base appelant à lui les eaux d'imbibition, a été, de façon continue, dans la période historique de son évolution, un élément majeur du modelage du site de Lyon.

Mais ces cartes et plans anciens et ces observations archéologiques sont des guides précieux même pour remonter, en partant de l'évolution historique du terrain, jusqu'à ce qu'il

était par exemple immédiatement après la période rissienne, quand le glacier commençait à se retirer, ou après la glaciation würmienne, dont les moraines n'ont été déposées que localement à l'Est du site de Lyon, vers l'actuelle vallée de la Bourbre, près de Janeyrias, Colombier-Grenay, St.-Quentin, Diémoz. En avant de ces moraines würmiennes s'écoulaient en éventail les torrents glaciaires qui sont devenus des dépressions humides et plus ou moins marécageuses comme celles de Pusignan, de Meyzieu, de Chassieux, de Vénissieux, de St.-Pierre de Chandieu ou même parcourues par des ruisseaux, comme celles de l'Ozon, de la Seveine, de la Végère se réunissent toutes en un émonctoire commun qui constitue le début du Rhône post-würmien. Le Rhône, dès après le Rissien, s'était, les glaces fondues, reconstitué dans la vallée qui avait jadis creusée à la fin du Villafranchien et au Préglaaciaire dans les dépôts du lac pliocène. Et, durant l'Interglaciaire, il avait perfectionné sa vallée. Puis, après avoir été immobilisé par un nouveau par la glaciation würmienne, il se réinstallait dans une partie au moins de son ancienne vallée, dès que son eau pouvait recommencer à couler. Ainsi nous avons au S de la Dombes, dès la fin de la période würmienne, un large cours d'eau en demi-cercle concave au SE, formé par la convergence des torrents glaciaires würmiens. C'était le Rhône qui sinuait en fait multiples dans la plaine alluviale formée jadis durant l'Interglaciaire Riss-Würm. Antérieurement à cet Interglaciaire la grande glaciation rissienne avait couvert la Dombes de ses moraines de fond et sa cuvette terminale répond à l'actuel plateau de Dombes, situé à environ 100 m plus haut que le lit actuel du Rhône. Pendant l'Interglaciaire, le Rhône a commencé à couler à cette altitude (soit environ à 280 m au-dessus du niveau de la mer), mais sensiblement plus au S que ne coule de nos jours son cours principal. Il suivait une ligne voisine de celle qui suit le vieux Rhône actuel, au pied des buttes rissiennes de Jonage, Décines, Bron, Vénissieux et Feyzin, qui dépassaient alors à peine le niveau des eaux du fleuve. (Elles sont actuellement à 250-260 parce que l'érosion récente les a abaissées).

La disposition topographique même de son cours amena ce Rhône à attaquer sa rive concave, celle du NW, et à remblayer sa rive convexe, celle du SE. Le fleuve se déplaça donc latéralement vers le NW (érosion horizontale), en même temps qu'il s'enfonçait de plus en plus vers le bas (érosion verticale). Il créa ainsi progressivement une balme entaillée dans les dépôts de l'ancien lac pliocène, dans les cailloutis villafranchiens et dans ceux du Préglaaciaire.

En atteignant Lyon, le Rhône dut continuer à entailler les portions plus occidentales de ces mêmes dépôts meubles tertiaires. Mais bientôt, du fait de son enfoncement, il rencontra les granites de la Croix-Rousse, et dès cette région il ne cessa plus d'avoir constamment dans notre site Lyonnais le socle granitique résistant comme objet d'attaque. Vers Givors il s'installa franchement sur ce socle et coule maintenant entre deux rives cristallines. Aussi, après avoir en amont de la Mulatière, déplacé continuellement son lit vers sa rive concave, ne le modifie-t-il plus guère dans ce sens à partir de l'apparition des granites dans son cours, et se trouve-t-il aujourd'hui sensiblement à la même place qu'après le Würmien dès le resserrement de la Mulatière et surtout après celui de Givors.

À l'Est de la Croix-Rousse, nous voyons les îles et les îlônes qui les séparent croître de nombre d'W en E. L'alluvionnement s'est fait de plus en plus important en approchant de la butée représentée par les granites et a provoqué par suite le comblement des biefs et îlônes et l'augmentation d'importance du cours souterrain du fleuve dans les alluvions. C'est la portion principale de ce cours souterrain, correspondant au cours du fleuve post-würmien, qui par places affleure encore de nos jours dans la petite rivière de la Rize. Celle-ci se détache du canal de Jonage près du Pont de Cusset, puis par le SE de Villeurbanne, et souvent cachée sous des constructions diverses, elle vient d'abord rejoindre la région E de la Part-Dieu. Ensuite le cours superficiel et visible disparaît. La rivière se fait souterraine, elle s'infléchit au S, entièrement masquée par les alluvions récentes et, suivant la courbe de niveau de cote 167, se dirige vers le pied de Sain-Fons. On trouve son cours, dans les sondages de cette région, successivement du N au S, à 167 (donc au niveau du sol) derrière la Part-Dieu, puis à 165, 162, 160, 157 (à l'W de Monplaisir la Plaine), et enfin à 157, au niveau du Rhône actuel, un peu plus au Sud.

La Rize se présente ainsi comme le témoin, à l'E de la ville même de Lyon, de la position ancienne du Rhône après le retrait du glacier würmien.

Si, partant de l'Origine de la Rize sur le canal de Jonage, nous remontons vers l'E le cours du fleuve, nous voyons au N du canal s'étendre un ruisseau infime coulant d'E en W et considéré parfois comme origine de la Rize qui aurait été coupée par le canal. C'est en fait le tracé de ce qui reste d'une lône détruite par l'exécution du canal, que nous voyons figurée sur les plans antérieurs à la réalisation de cet ouvrage (fig. 1). Des lônes analogues se pour-
 vaient enchevêtrées jusque vers Décines et Jonage au pied des buttes morainiques rissiennes. C'est donc sur une largeur de plus de 5 Km que le Rhône s'est déplacé vers le NW (entre
 Grand large et Miribel, par exemple), pour passer de sa position post-würmienne à sa position
 actuelle. Plus à l'Ouest, la différence entre les positions ancienne et actuelle du cours diminue
 progressivement.

De même tout à fait à l'Est, vers Anthon, voit-on le Rhône, vers son confluent avec l'Ain, égarer des dépôts morainiques würmiens et n'avoir pas changé de place depuis le dernier
 glaciaire. La balme de la Côtière de Dombes est ici reportée très au N et sans contact avec
 le fleuve actuel qui n'offre que très peu de lônes. Cette balme a été formée lors du creusement
 du fleuve post-villafranchien. D'Est en Ouest elle se rapproche peu à peu du Rhône filant
 NE-WSW, puis passant progressivement à NE-SW jusque vers Neyron, où le Rhône la rejoint,
 où l'attaque récente par le fleuve se marque par l'éperon dominant le ravin de Sermenaz.
 Le Pliocène, le Villafranchien, le Préglaiclaire et le Rissien sont en ce point entaillée en balme
 abrupte formant l'éperon et qui change brusquement d'orientation et se dirige non plus vers
 le SW comme immédiatement en amont, mais vers l'W franc et domine immédiatement le
 Rhône actuel.

A partir de ce point la balme va s'infléchir peu à peu à nouveau vers le SW en une courbe
 concavité SE jusqu'à un second éperon situé à Vassieux et à partir duquel, vers l'entrée
 du tunnel du chemin de fer, la balme tend à prendre pour la seconde fois une direction E-W,
 pour bientôt s'infléchir comme précédemment au SW et dessiner à nouveau une courbe à
 concavité SE pour former la balme de la Croix-Rousse proprement dite. C'est là que le fleuve
 attaque la base des terrains avec le plus d'intensité.

La présence de ces éperons successifs nous porte à penser que la balme post-villafranchienne
 de la vallée qui précéda le glacier rissien et que réoccupe le Rhône post-rissien, devait passer
 au voisinage de Neyron et, de là s'incurver au SW pour venir rejoindre les abords de l'Origine
 apparente de la Rize sur le Canal de Jonage et la suivre ensuite jusqu'au-delà de la Mulatière.
 Les altitudes actuelles des divers terrains et les formes topographiques suggèrent ce dispositif.

La Rize apparaît ainsi comme probablement la dernière relicte du Rhône ancien ayant
 éblayé en environ 600.000 ans tout le revêtement de Villafranchien, de Préglaiclaire et de
 Rissien déposé sur le Pliocène lacustre et le Vindobonien de la partie SE du Plateau de la
 Croix-Rousse et l'ayant découpé en la balme que nous voyons de nos jours.

LÉGENDE

a) Légende commune aux trois croquis :

S 11 Sondage de la Place F. Rey.

S 63 Sondage de la Place du Petit Versailles.

γ 150 Cote des Granites en sondages.

. Sondages anciens.

Chiffres droits : Cote du sol.

Croquis topographiques et hypsométriques faisant ressortir la position du cours actuel du Rhône celle de sa plaine alluviale et de son underflow venant buter contre le pied des talus des moraines rivières. On voit le cours de la Rize constituer une relique du cours ancien du Rhône. Les diverses transformations du cours sont figurées par les croquis successifs.



b) Légende de chacun des croquis :

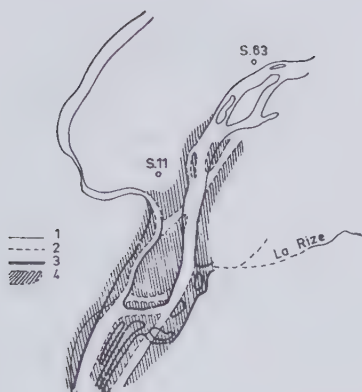
Croquis I :

- 1 Rives en 1855 du Rhône et de la Saône (carte de Rembielinski)
- 2 Rives en 1548 (Plan scénographique)
- 3 Rives à la fin de l'époque romaine (d'après Girard Roger).
- 4 Courbes de niveau actuelles.

Les cercles numérotés marquent les emplacements des sondages de la C.N.R. Les cotes les accompagnant sont la cote du sol (soulignée) et la cote du sommet de la lentille aquifère en 1959 (accompagnée du mot eau).

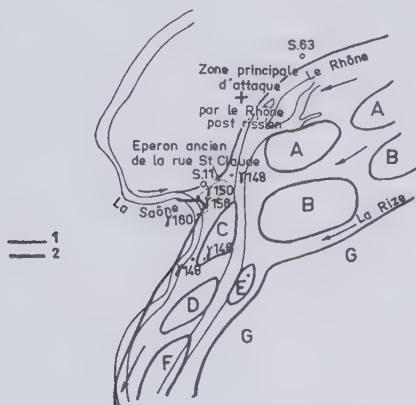
Les chiffres précédés d'un point sont les cotes du sol en ce point.

Les points accompagnés de deux cotes, l'une soulignée, l'autre précédée d'un γ sont les cotes du sol et des granites dans 6 sondages exécutés dans la presque île Rhône-Saône ou à ses abords.



Croquis II :

- 1 Rives en 1855 du Rhône et de la Saône.
- 2 Cours probable de la Rize à l'époque romaine.
- 3 Rives vers le XVe siècle (d'après Charasse).
- 4 Rives des cours d'eau et des îles à l'époque romaine.



Croquis III :

- 1 Rives en 1855 du Rhône et de la Saône.
 - 2 Rives probables après la fin du Würmien (Schématisées).
- A — A Ilots probables correspondant aux points actuellement aux cotes 170-168 vers Château Gaillard et les Charpennes.
- B — B Ilots correspondant aux points actuellement aux cotes 170-168 vers le Roulet et Villeurbanne centre (Hôtel de Ville).
- C Ilot correspondant à la région des Jacobins.
- D Ilot correspondant à la zone d'Ainay.
- E Ilot correspondant à l'île Béchevelin.
- F Ilot correspondant à la zone du Cours Charlemagne.
- G — G Aire de rivage correspondant à la zone Bon Coin, Maisons Neuves, Sablons, la Mouche.

AN ACCOUNT OF RUNOFF CHARACTERISTICS IN THE ARID REGION OF THE U.S.S.R. IN HYDROLOGIC DESIGN

A. I. TCHEBOTAREV, M. S. PROTASJEV

State Hydrological Institute (USSR)

Conceptions as to the regularities of runoff formation are based primarily on the study of the phenomenon in zones of sufficient moisture supply. This is reflected in the recommendations for runoff computations which have scarcely been found applicable to the conditions of arid regions this latter fact being established in the course of studies of surface water resources in the steppe regions of Northern Kazakhstan and the desert areas of the Turkmen SSR conducted during the last decade by the State Hydrological Institute.

The territory of Northern Kazakhstan, situated in a zone of insufficient moisture supply, belongs for the most part to an endorheic region of runoff.

Surface runoff here is due almost exclusively to snowmelt but, in some years, also to rain.

The rate of runoff is largely determined by the peculiarities of the structure of watershed surfaces, in particular by the presence of endorheic depressions often occupied by lakes which accumulate spring waters subsequently lost in evaporation. Thus, for instance, the surface area of lakes without outflow and water-filled depressions in the spring of 1955 amounted to 50 percent in the whole area in the region between the rivers Tobol and Togouzak, and 20 percent in the Koustanay Steppe, while in the spring of 1956 in the Ishim River basin Akmolinsk it reached 25 percent. Due to the different extent to which depressions without outflow are filled with snowmelt, their total area varies with annual surface runoff.

On medium rivers with closed drainage and on small watercourses, the proportion of endorheic expanses generally increases with increase of the drainage area. With decrease of drainage area the relative value of the density of drainage network (temporary water courses) increases, which favours the accumulation of snow since the amount of snow on river beds is usually two or three times greater than in the open steppe.

Conversely, evaporation losses on small drainage areas decrease due to the reduction of the area of endorheic depressions which accumulate a considerable portion of the runoff. Evaporation from water-filled depressions may exceed that directly from the surface by a factor of 2.5 to 3.

As a result of reasons mentioned above the discharge (in second-litre per square kilometre) of small watercourses is on the average 2 to 3 times, in some cases 5 times, greater than that of rivers.

The rate of stream flow of medium and large rivers with a drainage area of 3,000 sq.km and more in the regions under consideration is almost independent of the area of the drainage basin. Therefore, the data relating to such rivers may be used for compiling a mean annual runoff map. Normal annual stream flow of small watercourses may be determined from the map by means of reduction coefficients. Their averaged values for the territory of Northern Kazakhstan are given in Table 1.

TABLE 1

Drainage area, sq. km.	10	100	500	1000	3000	and more
Reduction coefficient	3.0	2.0	1.4	1.2	1.0	

The above recommendations for the computation of normal annual streamflow of small watercourses are based on the established empirical relationship which generalizes observed data for drainage basins of various sizes. An integral index of the conditions of runoff process in the watersheds of the geographical zone under consideration is the average slope gradient of the drainage basin or its area, these two values being inter-related.

In spite of the principal role of snowmelt in feeding the watercourses, no direct relationship has been found between the volume of spring runoff and the water equivalent of snow. With the same water content of snow, rate of streamflow in flood-time may vary within several hundred percent, depending on the factors which influence runoff losses: primarily, the freezing of soils prior to the spring period.

The relationship between streamflow and the amount of snow may be made considerably more distinct by the introduction of a third variable: autumn moisture supply of the soil which characterizes the extent of its freezing and, correspondingly, snow melt losses due to percolation.

Important peculiarities of the hydrologic regime of rivers in the arid steppe regions to be taken into account in hydrological computations are the great variability of the annual streamflow, the cyclic character of the rate of streamflow, and a considerable non-uniformity of the annual distribution of streamflow.

Fluctuations of annual streamflow values have a well pronounced cyclic character. Low flow cycles are of longer duration, usually lasting for 5 to 10 years; high flow periods are shorter: 1 to 3 years.

A great variability of the mean annual discharge is to be observed in the long-term streamflow records. Coefficients of variation of annual stream flow amount to 1.0-1.50.

Streamflow variation from year to year determined by the meteorological conditions is redoubled by a phenomenon characteristic for the region, i.e. change in the active areas of the drainage basins in years differing as to the rate of surface runoff. In particularly in wet years the whole area of the drainage basin contributes to the formation of streamflow, while in dry years the contributing area is often confined to the river-bed network.

The mean value of streamflow for a rather long period of time is often effectively determined by the 2 or 3 wet years in a series of years with a predominantly low streamflow.

Even for a period covering 20 to 25 years the mean value of stream flow calculated without regard for 2 or 3 wet years may differ from the actual value for the period by 30 percent.

Owing to this, for short periods (20 to 25 years) the mean streamflow depends on the rate of streamflow within the calendar period for which it is calculated. Only when streamflow averaged for a period of not less than 50 or 60 years which comprises nearly equivalent high- and lowflow cycles, its value will be rather stable, i.e. will change comparatively little with a further extension of the series. This makes it particularly necessary to extend the series. This makes it particularly necessary to extend the series of stream flow data relating to arid regions.

As a technical means of determining the synchronism of variations in the stream flow rate in the long-term perspective for several rivers being compared, use is made of mass curves of deviations of annual streamflow module coefficients ($K = x/\bar{x}$) from the normal, expressed for the sake of comparability in fractions of the coefficient of variation.

Computations of annual streamflow fluctuations are made by using frequency curves whose principal parameters are the mean value of the series (normal annual stream flow) as well as coefficients of variation and skew.

For the purpose of determining the coefficient of variation for unexplored watercourses, applicable to the conditions of the arid steppes of Northern Kazakhstan, the following formula may be used:

$$C_v = \frac{A - 0,26 \lg (F + 10)}{(h + 1)^{0,25}}$$

which is based on the relationship between C_v and normal annual streamflow (h) and drainage area (F). A is a regional parameter. According to this formula, with the same value of normal annual streamflow, C_v for small watercourses ($F < 100$ sq.km.) is 25 to 35 percent greater than that for medium rivers. Actually, the difference in C_v values for small and medium rivers does not exceed 10 percent since on the territory under consideration reduction in drainage basin area is accompanied by increase in normal annual streamflow. For this reason, a map of coefficients of variation of annual streamflow, compiled on the basis of actual data for explored rivers, may be used for approximate determination of C_v .

Coefficients of skew for large non-intermittent rivers are determined by the relationship $C_s > 2 C_v$, while for medium intermittent rivers by that of $C_s = 2 C_v$ for small watercourses by $C_s = 1.8 C_v$.

Whenever a series of hydrologic observations are available, computations of values of maximum discharge of different frequency may be made on the basis of frequency curves. In such cases, as in computations of annual streamflow fluctuations, account must be taken of a considerable variability of maximum discharges in a long-term period, which necessitates a considerable extension of observation records series.

In the event of direct hydrologic observations not being available, computations of maximum discharges of different frequency are made by means of the empirical relationship between the maximum discharge in second-litre per square kilometre (q_{\max}) and the volume of spring flood (h) and drainage basin area (F):

$$q_{\max} = \frac{kh}{(F + 10)^{0.25}}$$

where k = regional coefficient characterizing the relationship between the depth of runoff and the discharge in second-litre per square kilometre on an elementary plot, i.e. with

$$F \rightarrow 0$$

The value of this parameter ranges within 0.015-0.025. The effect of land cultivation on the amount of runoff in the conditions of arid regions manifests itself somewhat more noticeably than in the areas of greater moisture supply, although even here it is not very substantial, particularly as the areas of drainage basin increases.

In making hydrologic computations, distinction should be made between the effect of cultivation practices on surface flow and streamflow of ephemeral streams and, even more, of rivers.

A possible decrease in normal annual runoff for fields, fully tilled, very small drainage basins (less than 10 sq.km. in area), medium drainage basins (about 500 sq.km.) and larger river basins (from 3000 sq.km.), depending on the moisture supply in the region, averages from 15 to 50 percent, from 15 to 25 percent, from 10 to 20 percent, and below 10 percent, respectively.

Thus, for rivers with a drainage basin area of 500 sq.km. and more, even if fully tilled, the effect of this factor on the normal annual streamflow need not be taken into account. In very wet and dry years the streamflow of rivers and ephemeral streams is almost unaffected by the tillage of their drainage basins. The value of maximum streamflow of rare frequency (below 10 percent) is practically uninfluenced by tillage.

In more southern desert regions, e.g. in South-Western Turkmenia, surface runoff is primarily determined by the rate and regime of rainfall, as well as by the hydraulic and physical properties of soils; an important role in runoff formation being played by the slope gradient. The only sources of runoff here are some spring rains and rare summer and autumn storm rainfalls. The most favorable conditions for the formation of runoff are to be found in sloping plains of heavy loams with dense surface crust. Due to the even and very gently sloping surface

of takyr (1), the conditions of runoff there are different. With a creation of an artificial rill network on the takyr, infiltration of rainfall into the soil decreases appreciably, and the character of runoff approaches that on sloping plain lands.

The conventional procedure of hydrologic studies of runoff involving the accumulation of direct measurements data for a long period of time is very difficult to follow in the conditions of a desert. It is therefore expedient to work out indirect methods of computing the rates of runoff based on long-term precipitation data and taking into account the factors affecting water losses, with due regard for the character of surface structure of the drainage basin.

The amount of runoff may thus be determined either by the difference between the depth of rainfall and the amount of losses in mm during the flood, or by multiplying rainfall values by the runoff coefficient. Total water losses during a flood (U) may be estimated (after A. A. Maximov) by the following empirical relationship:

$$U = H^n \alpha \gamma \sigma$$

where H = depth of precipitation during a rain; n = exponent associated with the physical and mechanical properties of soils and equal to 1 for sandy loams, and to 0.87 for loamsands with a crust surface (with rains of small total precipitation usually prevailing in arid regions); α = coefficient of reduction of total water losses depending on the mean intensity of runoff-producing rain; γ = coefficient of reduction of losses depending on the moisture content of soil prior to rain; σ = coefficient characterizing change in total losses depending on drainage basin area.

The scheme of computing runoff coefficient (after N.M. Aliushinskaya) is as follows:

$$y = f\left(\frac{H_0}{H} \cdot i\right)$$

where H_0 = initial runoff losses; H = depth of rainfall causing flood; i = mean rainfall intensity.

The value H_0 as applicable to various types of soil (takyr-type lands, friable loamsands) may be found as a function of rainfall intensity and moisture content of soil prior to rain. This value has been determined by a graph associating it with the total precipitation for the period (15 to 5 days) prior to rainfall resulting in flood.

The use of the parameter H_0 which characterizes the infiltration capacity of soil and their moisture content has made it possible to adopt a single relationship of runoff coefficient for drainage basins with different types of soils.

In this case, calculation of annual runoff is made up of the values of runoff of every single flood. Hence, with data on the rainfall which has produced each of the floods available and employing the foregoing empirical relationships, it is possible to determine the rate of runoff.

The relative value of runoff from loamy areas of desert, as well as in the steppes of Northern Kazakhstan, decreases with an increase in drainage basin area, which is expressed by a system of regional reduction coefficients. Computations of the amount of runoff by the above schemes are made for a conventional initial area, its reduction coefficient being assumed to be equal to 1.

The foregoing indicates that as far as the arid regions are concerned, the genetic analysis of the processes of runoff formation assumes a special importance as it allows rational computation schemes to be created when hydrological data on water bodies are insufficient.

(1) Rather vast, almost flat, loamy tracts in deserts and semi-deserts, for the most part without vegetation. When dry, takyr have a dense clefty surface; after abundant rains they are covered with water forming temporary reservoirs.

BANKFULL DISCHARGE: AN EXAMPLE OF ITS STATISTICAL RELATIONSHIPS ⁽¹⁾

G. H. DURY

*U.S. Geological Survey, Washington 25, D.C., U.S.A., and Birkbeck College,
University of London, England.*

ABSTRACT

Analysis of data for the White and Wabash Rivers suggests means of determining discharge at the natural bankfull stage, despite the effects of artificial embanking and clearance of channels. Bankfull discharge, and discharge at mean annual flood, undergo an orderly downstream increase in percentage duration of flow.

BANKFULL STAGE

The hypothesis that the dimensions and shapes of channels are determined by events occurring at, or near, the bankfull stage is embodied in much recent work on river morphology. The concept of bankfull discharge cannot, of course, apply to rivers which in the usual sense of the term have no banks: nor is it applied here to braided streams. Again, the inferred significance of bankfull discharge does not conflict with modification of dimensions, cross-sectional forms, or short-distance downstream slopes of a given channel, on the rising stage, on the falling stage, or on both. Such modification, massively documented by observation, occasions the use of loop rating curves. Nevertheless, the very form of loop ratings, the abrupt change of habit when overbank flooding starts, and known examples of cutting and filling associated with discharge close to bankfull, sustain the general view that conditions at bankfull are a species of norm, about which the relevant values fluctuate, even though their fluctuations are symmetrical neither in space nor in time.

Now since gaging-records are taken mainly on rivers which have been artificially changed—particularly by embanking—discharge at natural bankfull stage is hard to identify. Even where levees are wholly natural, flooding does not usually begin until stage rises above the general level of the flood plain (cf. Wolman and Leopold 1957, pp. 89-91). Several kinds of stage can, in practice, be identified as overbank, according to variations in the natural cross-profiles of floodplains, in the definition of bankfull, and in the intended use of the field observations:

- 1) stage exceeding the height of a level floodplain
- 2) stage exceeding the height of the horizontal outer parts of certain floodplains, where natural levees border the channel: i.e., stage exceeding *field level*, as understood by some engineers
- 3) stage exceeding the average height of a floodplain with natural levees
- 4) stage permitting spill over the lowest parts of natural levees
- 5) stage permitting spill over artificial banks
- 6) stage when spilling water begins to damage property.

Flood stage, as listed by the U.S. Weather Bureau (see references at end), means stage at which flood damage begins, whatever the local conditions. Bankfull stage, as listed in the Flood Reports of the U.S. Geological Survey (e.g. Green and Hoggatt, 1960) is usually identical with flood stage of the U.S. Weather Bureau, if the particular station is cited by the Bureau, but could conceivably be lower. In any event, however, it relates to existing banks, whatever their origin. Since the extent and efficacy of embanking or clearance can vary along a given river, irregular downstream variations can occur in discharges at stages published for flood,

⁽¹⁾ Publication authorized by Director, U.S. Geological Survey.

bankfull, stage. In what follows, these published stages will be called *reported bankfull stages*. *Natural bankfull stage* is equal to the height of a floodplain which is level and without dikes. The data available here do not permit examination of the precise meaning to be assigned to this stage, where there are natural levees; however, nothing said below is intended to conflict with the suggestion of Wolman and Leopold (*loc. cit.*) that, in the presence of natural levees, bankfull stage is probably close to the average elevation of the floodplain.

DATA ANALYZED AND PLOTTED

All the basic data analyzed here are contained in publications (see list of references). The annual Water Supply Papers of the U.S. Geological Survey give mean discharges and annual momentary peaks, for single stations for single years, and from time to time include rating tables. The Survey's Compilations of Records list momentary peak discharges, by years, for the period of record, while daily peak discharges, by years, are compiled for many stations in the 1939 issue of the annual Water Supply Papers. Discharge at the return-period of 2.33 years appears in the flood reports for individual States, where it is graphically compared with discharges of other return-periods. Reports of river surveys by the Corps of Engineers indicate channel capacity at certain stations, or for certain reaches.

The two catchments examined are those of the Wabash, which drains some 28,600 square miles above Mount Carmel, Illinois, and of the tributary White River, draining 11,139 square miles above Hazleton, Indiana. For the main stems of these two rivers, the following information is plotted in Figs. 1, 2 & 3 against catchment area:

- 1) mean discharge
- 2) discharge at mean annual flood
- 3) discharge at reported flood stage and at reported channel capacity
- 4) discharge at natural bankfull
- 5) percentage duration of flow at mean annual flood
- 6) percentage duration of flow at natural bankfull.

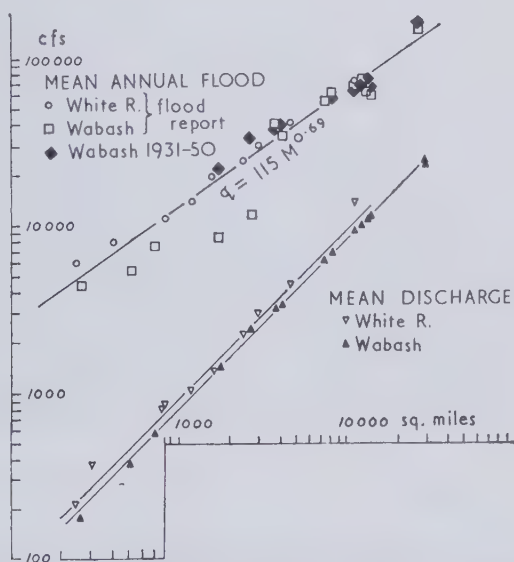


Fig. 1 — Mean annual flood, and mean discharge, plotted against catchment area.

Mean discharge is the arithmetic mean of all discharges (in practice, of all daily mean for the period of record. It is uncorrected either for length or for incidence of that period. Discharge at mean annual flood, if determined arithmetically, is the average of all recorded momentary peaks, one for each year of record. Arithmetic means, however, are obviously liable to be affected by the length of the period of record, and by the inclusion of notably high or notably low values for single years. In consequence, discharge at mean annual flood is often determined graphically, by a method depending on the theory of extreme values (cf. Gumbel 1945). If the annual flood series conforms to this theory, the mean annual flood has a return period of 2.33 years. In the Indiana flood report, the mean annual flood is in fact equated with the 2.33-year flood (Green and Hoggatt, *op. cit.*, p. 8); for the purpose in hand, therefore, the two expressions will be taken as interchangeable, except where it becomes necessary to specify arithmetic means.

Reported flood stage, as defined above, is equated with discharge by means of published rating tables. Such discharge is *discharge at reported bankfull*. Where rating tables vary little from year to year, discharges at reported bankfull have been read off directly, or interpolated on graphs. Where shifts occur in rating, and where there are no rating tables, discharge has been graphed against stage, in a range bracketing reported bankfull stage, and a range or single value of discharge obtained for that stage. Ranges plot in Fig. 2 as vertical bars, single values as points. Channel capacities, listed in cfs in reports by the Corps of Engineers, are added as crosses to the plot of discharges at reported bankfull. Discharges at natural bankfull, and percentage duration of flow at given stages, are obtained by methods subsequently outlined.

REGIONAL GRAPH FOR MEAN ANNUAL FLOOD

Mean discharge on the White is slightly higher than that on the Wabash, area for area of catchment. Both plots give a linear relationship of mean discharge to catchment area (Fig. 1). Experience shows that, in these circumstances, discharges at specific return-periods are also likely to plot simply against catchment area, in the form $q_{rp} \propto M^k$, where q_{rp} is the discharge at the return period rp , M is catchment area, and k is a constant. In actuality, however, points for the mean annual flood, as listed in the Indiana flood report, give an irregular plot (cf. also for the Wabash, Report Fig. 7, where mean annual discharge is plotted against stream length). However, some kind of order can frequently be introduced into an irregular plot by the development of a regional graph (cf. Dalrymple 1950, and many flood reports for individual States).

Now because it is impracticable to distinguish natural bankfull discharge on the White from that on the Wabash, a combined graph has been developed for mean annual flood of the two rivers, for use in comparison with the single graph for discharge of bankfull. Because the published values of the 2.33-year flood on the Wabash plot with particular irregularity, mean annual flood has been determined arithmetically for that river, from records for the period 1931 through 1950, and the values so obtained added to the scatter (Fig. 1). Although these additional values fail to reduce the cloud of points to order, they show irregularities at some stations opposite in sense from the irregularities in the published values of the 2.33-year flood, suggesting considerable choice for the location of a regional graph. The line drawn has been calculated, by least-squares, from the three sets of data combined—listed values of the 2.33-year flood for each river, and the arithmetic means (1931-50) for the Wabash. As shown on the diagram, its slope is determined by a value of 0.69 for the constant k .

DISCHARGE AT NATURAL BANKFULL

In the main, discharge at reported flood stage is less than that at mean annual flood, but exceeds it at two stations; moreover, it varies most irregularly in the downstream direction.

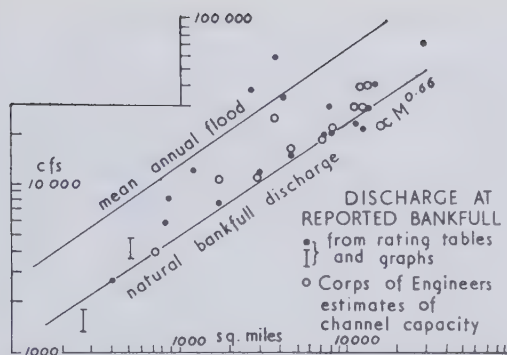


Fig. 2 — Discharge at reported bankfull stage, plotted against catchment area: regional graph of mean annual flood added for comparison.

Table 1). Among the apparent anomalies is the contrast between 60,000 cfs at Logansport (7,751 sq. miles) at reported bankfull—nearly twice as much as at mean annual flood—and 10,000 cfs at reported bankfull on the same river at Lafayette (7,274 square miles), i.e., but one-third of the mean annual flood.

However, the cloud of points for discharge at reported bankfull can be delimited, at the least, by a line in the form M^k , where k has the value 0.66. Such a line, drawn in Fig. 2, passes through, or very close to, no fewer than fourteen points in the cloud. Positions for New Yorkdon, Montezuma, and Terre Haute alone plot slightly below this graph of minimum value, which is regarded as the graph of discharge at natural bankfull stage. Upward departures from it, in values of discharge at reported bankfull, are thought to result almost wholly from artificial works.

RETURN-PERIOD OF DISCHARGE AT NATURAL BANKFULL

If natural bankfull discharge occurs at a fixed return-period, its graph should be parallel to the graph of the 2.33-year flood, on two conditions: that there is a fixed ratio throughout the region between the 2.33-year flood and floods of other return-period, and that bankfull discharge is momentary. Many sets of graphs of discharge at varying return-period do in actuality run parallel. The ratio between floods of any two return-periods is constant for the particular basins or regions. However, discharge at daily maximum can depart widely from discharge at momentary maximum, especially in small catchments, whether the daily maxima relate to calendar days or to other 24-hour periods (cf. Water Supply Paper 771, pp. 90-113). As yet, it is not possible to say how regularly the upstream divergence of daily from momentary maxima may increase. However, this divergence on the White and the Wabash, within the limits of catchment considered here, is rather small. Consequently, because the slope of 0.69 for the mean annual flood is itself imprecise, the data fail to justify either a claim, or a denial, that the graphs of mean annual flood and natural bankfull discharge run strictly parallel—that is, a claim, or a denial, that natural bankfull stage is a momentary discharge of fixed return-period.

Any return-period selected, however, would come well below 2.33 years. Approximate calculations suggest about 1.1 years, a value wholly compatible with the provisional findings of Wolman and Leopold (op. cit. 1957, pp. 88-91), and with a position at about 0.25 years on the partial-duration series (cf. Langbein 1949). This position, in turn, accords quite well with records of crests above flood stage (U.S. Eng. Dept. 1948, p. 41, Table 19).

PERCENTAGE DURATION OF DISCHARGE AT SPECIFIED STAGE OR RETURN-PERIOD

An event of fixed return-period can vary greatly in duration: for example, in a year when the whole length of a valley is inundated once, and once only, the headwater reaches can be affected by a short-lasting flash flood, while overbank stage in the lower reaches lasts for days together. A given event, such as overbank or bankfull discharge, can be expected to last longer on a large river than on a small one; flood peaks become flattened in the downstream direction by channel storage, so that given crests become longer in the downstream direction. Thus a discrete event of fixed return-period can vary in duration, although it remains constant frequency, along the length of the channel. This amounts to saying that an event of fixed return-period cannot be specified, in terms of fixed duration, for the whole river.

Such an inference conflicts with Nixon's finding (1955) that bankfull discharge has a percentage duration of about 0.6. At first sight, this value, equivalent to some two days a year, seems to agree reasonably enough with the previously-mentioned approximations of return period for bankfull flow. However, the various reports of the Corps of Engineers, and other bodies, show conclusively that duration of overbank discharge increases in the downstream direction, rising far above two days a year on numbers of large rivers, and on some rivers appearing to increase steadily with increasing area of catchment. The data assembled by Nixon do not, in fact, permit a detailed analysis of a whole basin; had they done so, it appears certain that he would have identified a downstream increase in duration of bankfull discharge, such as that now to be described for the White and the Wabash. On these rivers, the increase appears orderly.

Percentage duration of flow, at mean annual flood and at bankfull, is obtained from flow-duration curves for individual stations (Fig. 4). Both the lower and the upper limits

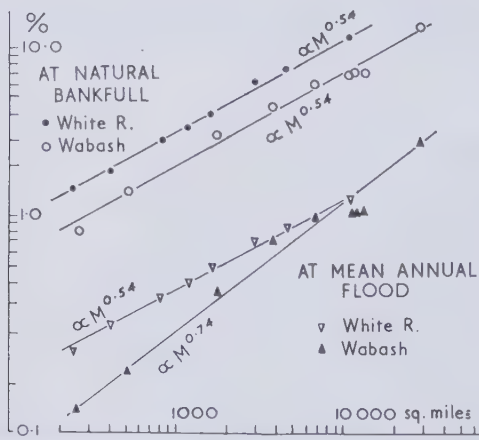


Fig. 3 — Downstream variation in duration of discharge at mean annual flood and at bankfull stage

these curves are arbitrary, being selected merely to bracket the range of discharges in question. However, the curves were obtained by standard methods—that is, for the 10-year period of which they are based, daily discharges were grouped according to intervals of range, each group of days totalled, and the totals converted to percentages of total time. It seems highly improbable that the extension of the base-period would disturb the interrelationship of the various stations, although it might well increase the similarity of form among each of the two sets of curves.

The values of mean annual flood, and of bankfull discharge, marked on the flow-duration

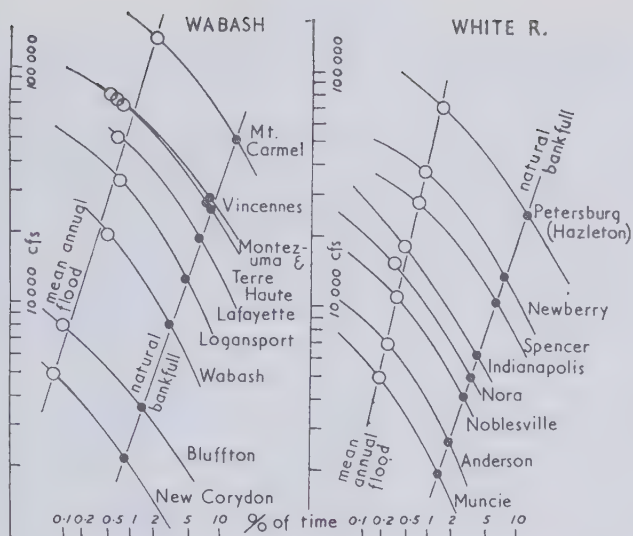


Fig. 4 — Percentage duration of flow. Portions of flow-duration curves.

curves were read from the two regional graphs. Inevitably, irregularities appear where single stations record discharges consistently above or below the regionally-expectable level. Nevertheless, duration at mean annual flood, and at bankfull, can be generalized in the form of straight lines through the flow-duration curves, as in Fig. 4. The act of generalization in no way affects the total downstream increase in duration, which is considerable.

In addition, durations read from Fig. 4 can be plotted against catchment area, as in Fig. 3. Since the total downstream increases in duration are authentic, and since the relevant arrays of points in Fig. 4 leave no great room for uncertainty, the slopes of the graphs in Fig. 3 for duration at bankfull, and for duration at mean annual flood on the White River, are taken as essentially correct. At the same time, the apparent difference in duration at bankfull between the two rivers may be exaggerated, because of the use of a combined regional graph of discharge/area at bankfull. Since the line for duration at mean annual flood on the Wabash cannot be precisely laid down on Fig. 4, the slope of the duration-graph in Fig. 3 may be inaccurate. Again, that slope may be affected, from the beginning, by the use of a regional discharge/area graph at mean annual flood. A more steeply-sloping graph for this flood on the Wabash, in Fig. 1, would decrease the slope of the duration-graph in Fig. 3. But even if the duration-graph were reduced to a slope of 0.54, identical with the slopes of the other three graphs in Fig. 3, it would still allow duration to increase by a factor of 13.5, between the smallest and the largest catchments plotted.

TABLE 1

Downstream variations in discharge at reported flood stage.

Station (Wa) = Wabash, (Wh) = White River	Drainage Area, Square Miles	Discharge at Reported Flood Stage, cfs	
		From rating tables	U.S. Eng. Dept. (channel capacity)
1. Muncie (Wh)	242	—	—
2. New Corydon (Wa)	258	(1,200 to 1,700)	—
3. Anderson (Wh)	401	2,750	—
4. Bluffton (Wa)	506	(3,600 to 4,900)	—
5. Huntington (Wa)	701	—	4,000
6. Noblesville (nr.) (Wh)	814	6,000	—
7. Nora (Wh)	1,200	12,500	—
8. Indianapolis (Wh)	1,627	—	—
9. Wabash (Wa)	1,733	7,900	11,000
10. Centerton (Wh)	2,435	14,800	—
11. Peru (Wa)	2,655	38,100	—
12. Spencer (Wh)	2,980	12,000	12,000
13. Logansport (Wa)	3,751	60,000	25,000
14. Delphi (Wa)	4,032	35,500	—
15. Newberry (Wh)	4,696	15,000	27,000
16. Lafayette (Wa)	7,247	20,000	19,000
17. Covington (Wa)	8,208	22,000	22,000
18. Montezuma (Wa)	11,100	23,000	—
19. Petersburg (Wh)	11,139	30,500	30,000
20. Hazleton (Wh)	11,319		
21. Terre Haute (Wa)	12,200	(21,500) (30,000)	30,000
22. Riverton (Wa)	13,100	29,500	40,000
23. Vincennes (Wa)	13,700	41,500	—
24. Mount Carmel (Wa)	28,600	73,500	75,000

REFERENCES

- ALRYMPLE, TATE, 1950. Regional Flood Frequency. *Highway Research Board, Research report* No. 11-B, p. 4-20.
- REEN, A. R., and HOGGATT, R. E., 1960. Floods in Indiana: magnitude and frequency. *U. S. Geological Survey*, in cooperation with the State of Indiana.
- UMBEL, E. J., 1945. Floods estimated by the probability method. *Engineering News-Record*, 134, No. 24, p. 833-837.
- ANGBEIN, W. B., 1949. Annual floods and the partial-duration series. *Transactions, American Geophysical Union*, 30, no. 5, 879-881.
- Mississippi River Commission, 1948 through 1957. Stages and discharges, Mississippi River and its outlets and tributaries.
- IXON, M., 1959. A study of the bank-full discharges of rivers in England and Wales. *Proceedings, Institution of Civil Engineers*, 12, 157-174, paper no. 6322.
- U. S. Engineers Department, 1948. Wabash River and tributaries, Indiana and Illinois. 80th Congress, 1st Session, House Document no. 197.
- U. S. Geological Survey, 1936. Water-supply Paper 711: Floods in the United States, magnitude and frequency.
- U. S. Geological Survey, 1957. Water-supply Paper 1305: compilation of records of surface waters of the United States through September 1950, part 3-A, Ohio River Basins except Cumberland and Tennessee River Basins.
- U. S. Geological Survey, 1931 through 1957. Water-supply Papers 713, 728, 743, 758, 783, 803, 823, 853, 873, 893, 923, 953, 973, 1003, 1033, 1053, 1083, 1113, 1143, 1173, 1205, 1235, 1275, 1335, 1385, 1435, 1505: Surface water supply of the Ohio River Basin.
- U. S. Weather Bureau, 1954. Daily River Stages.
- VOLMAN, M. GORDON, 1955. The natural channel of Brandywine Creek, Pennsylvania. *U. S. Geological Survey Professional Paper* 271.
- VOLMAN, M. GORDON, and LEOPOLD, LUNA B., 1957. River flood plains. *U. S. Geological Survey Professional Paper* 282-C.

LA MESURE «IN SITU» DE LA VALEUR APPROCHÉE DU COEFFICIENT DE PERMÉABILITÉ DES TERRAINS ALLUVIONNAIRES

A. VIBERT

*Président de la Section Française d'Hydrologie Scientifique
du Comité National Français de Géodésie et de Géophysique*

La mise au point d'un projet de captage dans une nappe alluvionnaire implique la connaissance de la perméabilité du milieu qui sert de support à la nappe que l'on se propose d'exploiter. Mais, si la définition théorique de la perméabilité en un point bien défini du milieu et dans une direction également définie est relativement aisée, il n'en va plus de même lorsque l'on considère l'ensemble du gisement.

De nombreuses méthodes ont été proposées pour la détermination de cette grandeur. Certaines impliquent l'utilisation d'échantillons prélevés dans la masse alluvionnaire par carottage; d'autres visent à déterminer la perméabilité directement, au sein même du milieu filtrant, par des moyens appropriés.

Il va sans dire que les résultats susceptibles d'être obtenus par les premières, dans la mesure où elles peuvent réellement être mises en œuvre avec une certaine précision, ont une signification tout à fait différente de la «perméabilité» toujours imprécise, si ce n'est confuse, que permettent de «mesurer» les secondes. Toutefois, comme dans la pratique seuls les renseignements fournis par celles-ci sont utilisables, il ne sera question que d'elles dans la présente note ⁽¹⁾.

Ces méthodes participent directement ou indirectement de la théorie initiale, énoncée par DUPUIT en 1863, qui l'a conduit pour le débit d'un puits à la formule célèbre :

$$q = K\pi \frac{(H^2 - h^2)}{\text{Log } R/r} \quad (2)$$

qui permet, lorsque les différentes grandeurs du 2^{me} membre sont connues, de déduire:

$$K = \frac{q}{\pi(H^2 - h^2)} \quad \text{Log } R/r$$

La fig. 1, ci-contre, donne toutes précisions utiles sur les hypothèses explicites ou implicites faites par cet hydraulicien pour aboutir à la solution qui pendant de nombreuses décennies ne fut guère contestée.

Par la suite, le procès de sa formule fut fait trop souvent pour qu'il soit nécessaire d'y revenir. Disons simplement que malgré la différence fondamentale qui existe entre l'écoulement considéré par DUPUIT et l'écoulement réel (existence d'une zone de résurgence ⁽³⁾) ainsi que les approximations physiques et mathématiques, qui ont présidé à sa détermination, elle

(1) A l'exclusion, également, des méthodes basées sur la théorie des poches absorbantes (E. LEFRANC: Génie Civil, 12 Novembre 1937), aussi bien, d'ailleurs, que de celles basées sur des procédés dits «géophysiques».

(2) $\text{Log } R/r$ = logarithme népérien R/r . Cette même formule est attribuée à THIEM, qui ne l'aurait publiée qu'en 1870.

(3) A ce sujet il y a lieu de faire remarquer l'impropriété de l'expression «zone de suintement» employé par de nombreux auteurs. Ce terme quelque peu restrictif tend à créer une équivoque. Il ne conviendrait que pour des venues d'eau insensibles, à faibles débits. Or, la théorie des écoulements à potentiel des vitesses a mis en évidence que les vitesses à la paroi du puits, dans ladite zone, sont du même ordre de grandeur que dans la partie noyée de l'ouvrage. Aussi, le mot résurgence qui n'implique aucune restriction quant aux quantités d'eau débitées, s'il ne convient peut-être pas parfaitement est, en tout cas, correct au sens hydrologique attendu que quel que soit le débit, il concerne une quantité d'eau qui s'est infiltrée et a disparu dans le massif poreux et pour réapparaître au jour dans le puits.

conduit à un résultat qui est théoriquement exact, comme l'ont mis en évidence des travaux thématiques célèbres réalisés depuis cette époque (1).

Ce qu'il est toutefois utile de rappeler, c'est que la formule a été établie, et n'est valable que pour des conditions éminemment théoriques (2) concernant notamment l'isotropie et l'homogénéité de la masse alluvionnaire considérée, ainsi que sa morphologie annulaire, toutes conditions qui ne sont jamais remplies dans la pratique.

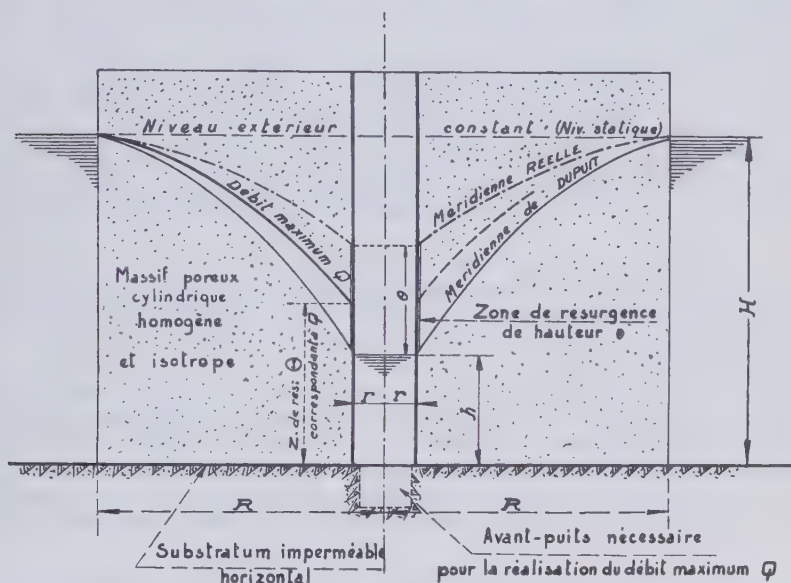


Fig. 1

De ce fait, elle implique la constance du coefficient de perméabilité dans toutes les directions autour du puits considéré, et dans toute la hauteur du massif intéressé par l'écoulement.

Or, dans la pratique, dans les gisements aquifères naturels il est très loin d'en être ainsi (3), et tous ceux, qui ont pratiqué des recherches d'eau dans les nappes alluvionnaires de quelque étendue, savent fort bien que deux ouvrages voisins, identiquement conçus, pareillement réalisés, situés à faible distance l'un de l'autre, peuvent donner, au point de vue des débits, des résultats très différents, bien qu'exploités dans des conditions identiques.

Ce fait tient essentiellement à ce que la perméabilité aux différents points de la masse alluviale considérée varie dans des proportions parfois importantes et, qu'en fait, toute détermination du coefficient K basée sur la formule précitée de DUPUIT ne peut conduire, au mieux, qu'à une valeur moyenne (ce qualificatif n'ayant, en l'espèce aucune signification mathématique

(1) Travaux de HAMEL et surtout de TCHARNY exposés et commentés par A. VIBERT dans le Génie Civil de 1er Janvier 1954.

(2) «L'Hydraulique souterraine dans son cadre historique» par P. CHAPOUTHIER. «Revue générale des sciences pures et appliquées». Janvier-Février 1961 — Pages 9 à 21.

(3) Dans les milieux anisotropes K est un tenseur de 2me ordre défini par ses neuf composantes : celles de la vitesse en chaque point du champ, qui sont, elles-mêmes, des fonctions linéaires des trois composantes du vecteur champ.

Ce tenseur est généralement symétrique. Il a été nommé : «Tenseur de perméabilité». — «Mécanique des terrains perméables» par J. FERRANDON. — La Houille Blanche — Juillet-Août 1954. — Pages 466 et suivantes.

précise), valable pour l'ensemble de la masse pondéreuse, toujours imparfaitement défini au sens géométrique du mot, à laquelle on l'applique.

Cette valeur moyenne dépend, certes, de la perméabilité vraie aux différents points de cette masse, dans des directions éminemment variables d'ailleurs, mais elle dépend aussi de bien d'autres facteurs tels que, notamment, la morphologie du gisement intéressé et les coordonnées locales du point où elle est évaluée. Aussi, bien qu'elle ait les dimensions d'un coefficient de perméabilité unidirectionnel, elle n'a pas et ne peut avoir la signification physico-mathématique rigoureuse de ce dernier ⁽¹⁾.

Tout au plus peut-on la considérer comme «le coefficient de perméabilité équivalent d'une masse poreuse cylindrique du rayon R , homogène et isotrope, dans laquelle un ouvrage axial identique à celui considéré, sollicité dans des conditions analogues, c'est-à-dire sous une dénivellation $(H - h)$ donnerait un débit q ».

Mais si cette façon de considérer le problème est satisfaisante au point de vue de la rigueur du raisonnement, si elle a pour effet de mettre un peu d'ordre dans un sujet qui donne lieu tant de confusion, il faut convenir que, dans la pratique, elle n'apporte pas davantage la solution désirée.

On doit avoir toujours présent à l'esprit, en effet, que la détermination de K implique nécessairement la connaissance de R , généralement désigné sous le nom de «rayon d'action du puits». Or, sauf le cas théorique de DUPUIT qui est celui d'un massif annulaire de rayon extérieur R , baigné extérieurement par un niveau constant de hauteur H , la valeur de R n'est jamais connue et ne peut, d'ailleurs, l'être ⁽²⁾.

On pallie, il est vrai, cette difficulté en prenant pour valeur de R celle qui correspond à la distance d'un point M , mesurée à partir du centre du puits, au-delà duquel l'influence du pompage sur le niveau de la surface libre de la nappe en écoulement, une fois le régime permanent établi (autant qu'un tel régime puisse être réalisé), peut être considérée comme négligeable.

Cette notion imprécise peut conduire à des écarts importants dans «l'appréciation» de la valeur de R ⁽³⁾ d'autant plus que dans la pratique les écoulements dans les puits réels

(1) La méthode des poches absorbantes (LEFRANC, Génie Civil du 13 Novembre 1937) souffre des mêmes inconvénients. Le coefficient K dont elle autorise la détermination ne dépend pas seulement de la perméabilité des terrains à la surface de la «poche» expérimentée. Il ne peut donc avoir le caractère «ponctuel» qui lui est généralement attribué.

Au surplus, rien ne permet d'assurer que la valeur K de la «perméabilité d'absorption», à laquelle elle conduit pour une poche géométriquement définie, est, toutes choses égales par ailleurs, la même que celle de la «perméabilité de résorption» de la même poche.

On conçoit fort bien qu'une poche dont la paroi, métallique par exemple, serait constituée par la juxtaposition d'une infinité de minuscules ajutages d'un type quelconque : Borda, Venturi etc..., mais tous dirigés soit vers l'intérieur, soit vers l'extérieur de la poche, donnerait lieu à des phénomènes d'écoulement tout à fait différents au cours de son remplissage (flux rentrant) et celui de sa vidange (flux sortant).

(2) La méthode dite de THIEM, qui implique la prise en compte des niveaux relevés dans deux piézomètres d'observations, situés à des distances R_1 et R_2 du centre du puits, dans un même plan méridien, permet théoriquement d'obvier à cette difficulté.

Mais cette méthode est difficile à mettre en œuvre dans la partie de la méridienne de la surface libre où son application serait légitime, eu égard à la faible pente de cette surface.

En revanche, son utilisation au voisinage de l'ouvrage pompé est viciée et conduit à des résultats aberrants, ou du moins discutables, par le fait que la méridienne observée n'a, dans cette région rien de commun avec la méridienne de DUPUIT.

D'autre part, par suite de l'hétérogénéité du milieu, rien ne permet d'affirmer que l'écoulement étudié est de révolution et que la valeur de K déterminée le long d'une méridienne est valable pour l'ensemble du milieu poreux.

(3) Cette difficulté pourrait toutefois être aisément levée comme il suit. Il suffirait de concrétiser la notion du «Rayon d'action» R , de lui donner en quelque sorte une réalité physique, en procédant comme l'a fait BLASIUS en «Mécanique des Fluides», aux prises avec une difficulté semblable, pour donner une valeur de l'épaisseur de la «couche limite» qui intervient, notamment, dans le calcul des coefficients de frottement.

Dans l'écoulement d'un fluide visqueux contre une paroi, la «couche limite» est la couche du fluide voisine de la paroi où se fait sentir l'effet de la viscosité (a). Théoriquement, l'épaisseur de la couche limite est infinie (b). Néanmoins, pour en préciser sa frontière BLASIUS a considéré, arbitrairement,

sont jamais de révolution. Il en résulte que si R correspondait à la réalité qu'implique sa signification sous le nom de «rayon d'action», sa valeur serait différente dans les différents cas, même dans le cas d'un matériau homogène, du fait de l'irrégularité du substratum, de la pente et de la pente de la surface libre de la nappe en écoulement.

Toutes ces réserves mettent en évidence, qu'en tout état de cause, le coefficient K déterminé beaucoup plus la signification d'un facteur global de qualité de débit que celui d'un coefficient de perméabilité au sens exact du mot. Mais, ceci étant dit, comme ce qui compte dans la pratique, au-delà de toutes les notions théoriques de base, c'est précisément cet aspect quantitatif de la circulation aquifère dans les milieux naturels, certains auteurs ⁽¹⁾ se basant sur des observations expérimentales ont proposé une simplification considérable consistant à admettre pour $\text{Log } R/r$ une valeur constante C , applicable dans tous les cas.

Comme ce rapport n'intervient dans le calcul de la valeur de K que par son logarithme naturel, une telle méthode peut être considérée comme légitime à condition que la valeur moyenne choisie pour R/r soit judicieuse et ne donne lieu par excès ou par défaut qu'à une erreur acceptable dans les calculs de l'hydrodynamique souterraine.

$$\text{On obtient alors } K = \frac{C}{3,14} \frac{q}{(H^2 - h^2)}$$

Compte tenu de ce qui a été dit, ci-avant, concernant l'indétermination qui plane sur la valeur de R , une telle façon de faire appelle des réserves théoriques évidentes.

Néanmoins, sous l'empire des nécessités, il apparaît qu'il pourrait être passé outre à ces dernières, si les résultats auxquels conduit cette méthode étaient, au moins, des ordres de grandeur comparables dans les différents cas.

Cela paraît pouvoir être admis avec certaines restrictions pour une nappe déterminée, ayant des dimensions qui lui sont propres, caractérisée par une hauteur H , variable certes, dans une certaine mesure, en ses différents points, et dans laquelle les différences de perméabilité du droit des puits susceptibles d'y être ménagés dépendent essentiellement de la granulométrie du matériau constituant le gisement et de ses conditions de stratification.

que cette frontière était le lieu des points pour lesquels les vitesses u sont telles que

$$u = 0,99 U_0$$

U_0 étant la vitesse uniforme du fluide, au-delà de la couche limite, dans l'espace où l'effet de la viscosité ne se fait théoriquement plus sentir, tous les vecteurs vitesses étant parallèles et uniformes.

De même, dans le problème qui fait l'objet de la présente note, rien n'empêche de considérer, arbitrairement, comme valeur du «Rayon d'action» R , la distance mesurée à partir du centre du puits, d'un point M au droit duquel, sous l'effet des pompes en régime permanent, le niveau de la surface libre de la nappe s'est abaissé de 1 %, autrement dit : le point à partir duquel la hauteur H initiale est devenue

$$H' = 0,99 H$$

L'application de cette règle dans toute la partie de l'écoulement située à une distance relativement éloignée de l'axe du puits, permet de donner au «Rayon d'action» une signification conventionnelle, certes, mais certaine et ceci, comme il apparaîtra plus loin, serait de nature à permettre une détermination précise du K moyen équivalent dont il a été question ci-avant.

Dans toute la région considérée, en effet, les lignes de courant situées dans un même plan méridien sont sensiblement parallèles. D'autre part, les vitesses sont très petites et le régime des pressions, sur une même verticale du plan considéré, est, à peu de choses près, celui de l'hydrostatique. (c)

Il en résulte que, dans cette région, la théorie de DUPUIT, sans être absolument rigoureuse conduit dans la pratique à des résultats qui ne peuvent être différenciés des faits réels. En particulier, la substitution de la tg au sin de l'angle que forme la tangente à la méridienne de la surface libre, en un point quelconque, avec l'horizontale est légitime. De plus, dans toute la partie considérée, la méridienne de DUPUIT se confond avec la méridienne réelle, pour ne s'en séparer qu'au voisinage de l'ouvrage.

(a) Mécanique des Fluides Théorique par M. GIQUEAUX, Edition 1944, page 46.

(b) Mécanique des Fluides Théorique par M. GIQUEAUX, Edition 1944, page 93.

(1) En France notamment M. PORCHET — Hydrodynamique des Puits — Annales du Ministère de l'Agriculture — Année 1930 — Fascicule 60 — Pages 111 à 188.

En Italie : G. de MARCHI — Idraulica — 1930 — Cité par PORCHET.

Aux U.S.A. : Howard P. Hall — La Houille Blanche — janvier février 1955;

(c) Babbitt et Caldwell, cités par Howard P. Hall ont montré qu'il en est ainsi dès que la distance à l'axe du puits dépasse 15 à 20 fois le rayon de ce dernier;

En revanche, s'il s'agit de comparer deux gisements dissemblables par leur étendue, leur puissance, la nature du matériau les constituant, il est alors à craindre que les coefficients $K_1, K_1', K_1'' \dots$ etc... valables et comparables entre-eux sous les réserves faites ci-dessus pour le premier d'entre eux, n'aient plus qu'une lointaine parenté avec les coefficients $K_2, K_2', K_2'' \dots$ etc... valables pour le second.

Même à l'intérieur d'un même gisement, il paraît nécessaire, comme nous l'avons déjà laissé prévoir, de serrer le problème de plus près.

En effet, dans ce gisement et pour un puits déterminé la valeur de R mesurée expérimentalement, ne serait-ce qu'approximativement, dépend essentiellement de la dépression $(H - h)$ créée par le pompage.

Cette valeur tend vers zéro ainsi que celle du rapport R/r si $(H - h)$ tend vers zéro, autrement dit si $h \rightarrow H$. Au contraire, R sera maximal ainsi que R/r , si h tend vers zéro. Entre ces valeurs extrêmes R et, par suite R/r pourront avoir toutes les valeurs intermédiaires. Il en résulte que pour le même puits expérimenté suivant différentes modalités l'application de la méthode sus-indiquée pourrait conduire à des valeurs très différentes de K si elle était appliquée sans discernement.

Ceci est encore plus vrai si, dans le même gisement, l'expérimentation portant sur deux ouvrages différents est effectuée dans des conditions différentes.

Pour que les valeurs de K puissent avoir le «même poids», il est donc indispensable que tous les ouvrages intéressant un même gisement, et, a fortiori, ceux intéressant des gisements différents soient «testés» dans des conditions comparables.

Comme les seules, qu'il soit possible de définir simplement et sans ambiguïté, sont celles correspondant au débit maximal Q de l'ouvrage, il apparaît comme indispensable que tous les essais effectués en vue de déterminer des valeurs du paramètre K comparables entre elles ⁽¹⁾ soient effectués sous cette modalité. Or on sait que le débit maximal Q est réalisé pour $h = 0$ relation qui ne peut être satisfaite que s'il existe à la base de l'ouvrage pompé un avant-puits ménagé dans le substratum même de la masse poreuse (Fig. 1).

$$\text{Il vient alors } K = \frac{C}{\pi} \frac{Q}{(H^2 - h^2)}$$

$$\text{soit avec } h = 0 : K = \frac{C}{\pi} \frac{Q}{H^2}$$

Il suffit de donner à C , dans cette formule, une valeur numérique convenable, dans l'esprit sus-indiqué, pour obtenir une relation simple permettant «d'évaluer» K par un unique essai de pompage.

Or l'expérience montre que dans la généralité des cas, qu'il s'agisse de forages ou de puits de reconnaissance dont le diamètre réel : celui du trou ménagé dans le terrain, ne dépasse pas 0,60 m, ou de puits d'exploitation dont le diamètre — estimé dans les mêmes conditions — ne dépasse pas 2 m, du moins dans un ouvrage rationnellement conçu, que la valeur maximale du rapport R/r correspondant au débit maximum Q est comprise entre 100 et 300.

La plus faible correspond à un minimum $R \leq 30$ m pour le forage de reconnaissance et la plus forte à un maximum $R \leq 300$ m ⁽²⁾ pour le puits d'exploitation — R : rayon d'action de l'ouvrage ? étant compris dans le sens pratique déjà indiqué.

(1) Sous les réserves faites précédemment.

(2) Sur la trentaine d'exemples cités par PORCHET, dans son travail déjà évoqué concernant des ouvrages de la Crau (B.-du-R.), pour lesquels $H \geq 1$ m; 8 de ceux-ci, pompés dans des conditions voisines de celles correspondant au débit maximal, ont donné des rapports R/r (calculés, d'ailleurs dans des conditions qui impliquent certaines réserves) compris entre 136 et 320. Un seul a donné $R/r \simeq 400$.

Les autres ouvrages, pompés sous des dénivellations diverses, mais toujours dans des conditions éloignées de celles correspondant au débit maximal, ont donné des rapports notablement inférieurs et généralement plus petits que 100.

Néanmoins, cet hydraulicien, trop tôt disparu, s'était cru autorisé à faire une moyenne d'une quarantaine de résultats divers, pour ne pas dire disparates, et à adopter pour R/r la valeur moyenne : 105.

Il en résulte que si l'on adopte la valeur moyenne $R/r = 200$ pour laquelle on a :

$$\text{Log } R/r = 5,30.$$

$$\text{Il vient } K = \frac{5,30}{3,14} \frac{Q}{H^2} \simeq 1,70 \frac{Q}{H^2}$$

Pour se rendre compte de l'importance de l'écart auquel peut conduire l'adoption systématique de cette formule il suffit de calculer les valeurs de K_1 et de K_2 pour :

$$R/r = 100 \quad \text{soit} \quad \text{Log } R/r = 4,60$$

$$R/r = 300 \quad \text{soit} \quad \text{Log } R/r = 5,72$$

$$\text{on obtient} \quad K_1 = 1,46 \frac{Q}{H^2} \quad K_2 = 1,81 \frac{Q}{H^2}$$

$$\text{par suite} \quad K = 1,16 K_1 \quad K = 0,94 K_2$$

Compte tenu des imprécisions qui planent sur tous les calculs auxquels donne lieu l'hydrodynamique souterraine, les écarts correspondants sont acceptables (1).

Le Professeur Geillio MARCHI, cité par PORCHET, aurait adopté dans son «Idraulica» $R/r = 536$, mais sur un nombre d'essais réduits ? (PORCHET dixit).

Cette valeur nous paraît élevée, à moins qu'elle n'ait pu être observée sur des ouvrages ménagés dans des nappes de grande étendue, comme celles des vallées du Pô ou du Danube, par exemple.

Dans les plaines alluviales plus modestes, qui sont la majorité en France, il est d'usage de placer entre les puits exploitant une même nappe des distances généralement comprises entre 100 et 300 mètres au maximum.

C'est l'expérience et l'observation directe, plus que la théorie, qui ont consacré cette pratique qui implique, ne serait-ce qu'intuitivement, une valeur du «Rayon d'action» de l'ordre de grandeur de celle indiquée par nos soins.

Au surplus, dans la généralité des cas, le niveau des nappes est conditionné par celui du cours d'eau le long duquel elles sont disposées.

Il en résulte que, si les ouvrages de pompage sont situés à une distance déterminée du cours d'eau souvent comprise entre 100 et 200 mètres au maximum (sauf le cas des nappes alluviales très larges) que leur rayon d'action, dans la mesure où le niveau du cours d'eau peut être considéré comme constant, est fixé par cette distance, au moins dans la direction du cours d'eau.

Quoi qu'il en soit cette «dispersion» des chiffres adoptés par les différents auteurs met en évidence la subjectivité de la notion du «rayon d'action» et la difficulté d'aboutir à une détermination de K ayant un ordre de grandeur moyen acceptable.

A ce sujet, la suggestion faite précédemment consistant à prendre pour rayon d'action la distance R' d'un point M audroit duquel l'abaissement du niveau de la surface libre est de 1 %, doublée de la considération du débit maximal Q permet de serrer le problème de plus près si ce n'est de le résoudre.

En effet, compte tenu de la validité de la théorie de DUPUIT dans toute la zone où la surface libre de la nappe en écoulement ne présente qu'une faible pente, la relation :

$$K = \text{Log } \frac{R}{r} \frac{Q}{H^2} \quad (1)$$

devient au point M

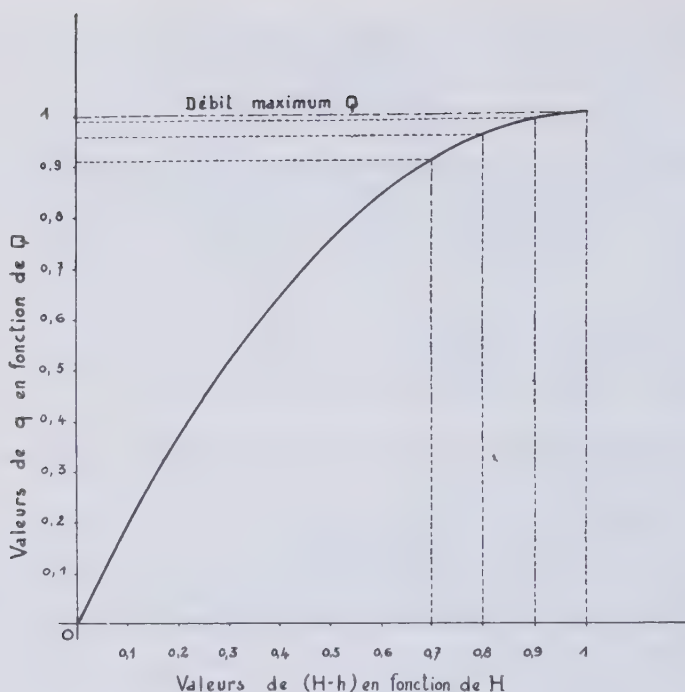
$$K = \text{Log } \frac{R'}{r} \frac{Q}{(0,99 H)^2} = \text{Log } \frac{R'}{r} \frac{Q}{0,98 H^2} \quad (2)$$

Mais alors que dans (1) la détermination de R est généralement impossible, celle de R' , qui figure dans (2), au contraire, est une opération à la portée de tout expérimentateur disposant des moyens suffisants.

(1) En France, à la suite de son étude déjà citée, PORCHET avait proposé la formule

$$K = \frac{3 q}{H^2 - h^2}$$

Nous avons dit ce qu'il fallait penser de la prise en considération du facteur $(H^2 - h^2)$. Par ailleurs, le coefficient 3 relativement élevé auquel a été conduit cet auteur résulte de ce que la formule de base utilisée par ses soins, n'était autre que celle de DUPUIT mais avec le coefficient 1/2 figurant au 2me membre.



Nota : Pour $(H-h) \geq 0,7 H$ soit $h \leq 0,3 H$

on a : $q \geq 0,91 Q$

Fig. 2

A noter d'ailleurs que si le débit maximal Q ne peut être réalisé, par suite de l'absence d'avant puits notamment, la même formule reste encore applicable dans des conditions satisfaisantes, tant que h , hauteur de l'eau dans l'ouvrage testé est telle que $h \leq 0,3 H$.

Comme le montre la fig. 2, en effet, tant que cette condition est satisfaite le débit q de l'ouvrage est voisin du débit maximal.

On a, en effet, $q \geq 0,91 Q$.

* * *

Enfin il reste à examiner le cas où le forage d'essai, n'atteint pas le substratum du gisement mais pénètre dans ce dernier d'une hauteur $H' < H$, captant une certaine quantité d'eau par son fond, qui s'ajoute à celle captée latéralement (fig. 3).

PORCHET justifiait ce coefficient par la considération que la «pente motrice» à prendre en compte n'était pas celle de la surface libre (comme l'avait fait DUPUIT), mais celle du centre de gravité de la section verticale. Toutes choses égales, par ailleurs, dans un cas concret, cette conception conduisant pour K à une valeur double de la valeur réelle. Une telle façon de voir est inexacte, les études mathématiques effectuées depuis 1930 l'ont surabondamment prouvé. Mais, même sans faire appel à ces dernières, il est évident que du fait de la faible valeur des vitesses à prendre en compte, le régime des pressions à l'intérieur du massif poreux est proche de celui de l'hydrostatique. Il en résulte que la différence des pressions entre deux points quelconques d'une ligne de courant est très sensiblement égale à celle qui existe entre les points correspondants de la ligne méridienne incluse dans la surface libre de la masse en écoulement.

Certains auteurs ont traité le problème dans les mêmes conditions que précédemment ⁽¹⁾ se contentant d'ajouter à la hauteur utile H' du forage, une haute ursupplémentaire ΔH correspondant à une surface latérale égale à celle du fond ⁽¹⁾.

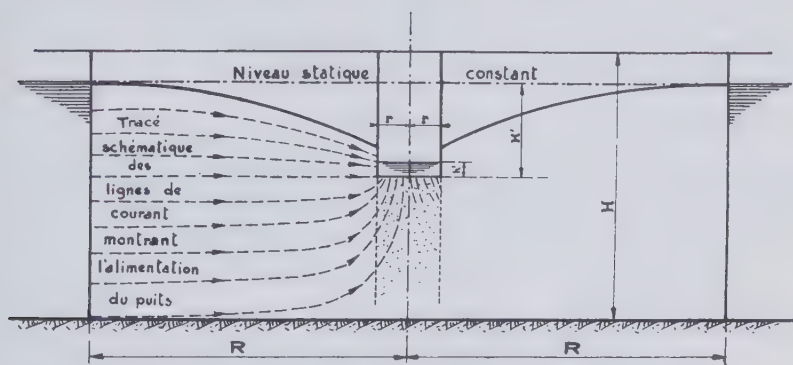


Fig. 3

Une telle solution revient à admettre que le déplacement du liquide dans le gisement se fait par tranches parallèles au fond de ce dernier et que toute la partie située au-dessous du niveau de la base du puits fictivement approfondi ne participe pas au phénomène de l'écoulement et, de ce fait, à l'alimentation du puits.

Si cette conception a pour elle l'avantage de la simplicité, elle participe d'une certaine méconnaissance des conditions réelles de l'écoulement à l'intérieur du gisement, qui, si l'on fait abstraction de certains facteurs, tel que celui de la viscosité de l'eau par exemple, est assimilable à un écoulement à potentiel des vitesses.

Le schéma ci-contre (fig. 3) sur lequel ont été esquissées les lignes de courant se dispense de commentaires et met en évidence que la perméabilité, équivalente déterminée dans de telles conditions peut n'avoir qu'un lointain rapport avec la perméabilité réelle, principalement si la partie de la nappe située au-dessous du puits est importante par rapport à celle située au-dessus de cet ouvrage.

Pour un débit déterminé, la prise en compte de l'ensemble du volume du gisement intéressé par l'écoulement doit conduire, pour K , à une valeur inférieure à celle à laquelle conduit la méthode susvisée.

Le régime de l'écoulement étant laminaire les pertes de charge dans le milieu poreux sont, en effet, proportionnelles aux vitesses, autrement dit inversement proportionnelles aux sections traversées au passage du flux qui accède au puits.

Il en résulte que si dans les conditions précisées pour le cas général on désigne par Q' le débit maximum obtenu sous la dépression H' (dans la mesure où on peut réaliser cette dernière) on peut considérer que le débit se compose de deux parties q'_1 et q'_2 ; la première fournie par les tubes de courant de l'écoulement situé au-dessus du plan horizontal passant par le fond de l'ouvrage, la seconde correspondant à la partie de l'écoulement situé au-dessous du même plan.

Dans cette hypothèse, la valeur de q'_1 est donnée par la relation

$$q'_1 = K\pi \frac{H'^2}{\text{Log } R/r}$$

⁽¹⁾ Notamment PORCHET dans son mémoire déjà cité (Page 118).

Pour q'_2 , le calcul est plus délicat et plus approximatif. Toutefois, si l'on veut bien considérer que l'écoulement intéressé de hauteur extérieure $(H - H')$ possède à cette hauteur près les mêmes caractéristiques que le précédent : même R/r , même charge maximum H' , on peut également, en faisant abstraction des pertes de charges particulières auxquelles donne lieu le passage du flux aquifère dans l'espace cylindrique, de même diamètre que le puits, prolonger ce dernier et occupé par le matériau poreux ⁽¹⁾, écrire, en première approximation, toujours dans le cas du débit maximum caractérisé par la relation $h' = 0$

$$q_2 = K\pi \frac{H'^2}{\text{Log } R/r}$$

De plus, eu égard à la remarque précédente pour tenir compte de ce qu'à la paroi extérieure la hauteur de l'écoulement est égale à $(H - H') \neq H'$, il y a lieu d'écrire

$$q'_2 = q_2 \times \frac{H - H'}{H'} = K\pi \frac{(H - H')H'}{\text{Log } R/r}$$

De sorte que l'on a finalement :

$$\begin{aligned} Q' = q'_1 + q'_2 &= K\pi \frac{[H'^2 + (H - H')H']}{\text{Log } R/r} \\ &= \frac{K\pi (HH')}{\text{Log } R/r} \end{aligned}$$

et

$$K = \frac{\text{Log } R/r}{\pi} \frac{Q'}{HH'}$$

soit en tenant compte de la simplification proposée ci-avant :

$$K = 1,70 \frac{Q'}{HH'} \quad qx$$

Le calcul de K implique la connaissance de la valeur de H , ce qui est le cas général. En tout état de cause il est possible de la déterminer aisément et à peu de frais.

Il va sans dire que la remarque faite précédemment concernant la difficulté de réaliser le débit maximal Q' reste valable et, qu'à défaut de ce dernier, on pourra faire intervenir tout débit $q' < Q'$ à condition que la relation $h' \leq 0,3 H'$ soit satisfaite.

Les formules qui précèdent, d'un caractère approximatif évident, à un titre moindre que leurs devancières, d'ailleurs, sont néanmoins susceptibles de rendre des services dans la résolution des problèmes pratiques, dans lesquels, par la force des choses, les données dont on dispose ne sont généralement connues qu'avec une précision assez grossière.

Serrant le phénomène de l'écoulement d'aussi près que possible elles conduisent à des résultats plus valables que les formules anciennes, et surtout plus comparables entre eux.

Paris, le 24 Juillet 190

⁽¹⁾ Cette simplification introduit évidemment une erreur supplémentaire dans le calcul de K en fonction de Q' ou, réciproquement, de K en fonction de q' . Mais cette erreur est, en tout état de cause, d'un ordre de grandeur inférieur à celle consentie éventuellement en admettant pour R/r une valeur constante dont il a été question ci-avant.

BIBLIOGRAPHIE

1. L'HYDROLOGIE DE L'INGÉNIEUR

par

GASTON REMENIERAS

(Eyrolles, Paris — Collections du Laboratoire National D'Hydraulique 1960)

Nous ne pourrions mieux faire pour présenter la nécessité de semblable ouvrage que de citer le texte suivant de l'auteur, texte extrait de son avant-propos.

«L'hydrologie peut être définie brièvement comme la science qui étudie le cycle de l'eau dans la nature et l'évolution de celle-ci à la surface de la terre et dans le sol, sous ses trois états : gazeux, liquide et solide; l'une de ses branches principales est consacrée à l'analyse du débit des cours d'eau.

»L'hydrologie fait appel à de nombreuses sciences, certaines rattachées à la physique du globe telles que : la météorologie, la climatologie, la géographie physique, la géologie, l'océanographie, la limnologie, etc.; d'autres plus générales, telles que : l'agronomie, la mécanique des sols, l'hydraulique, la statistique mathématique, etc.

»D'abord considérée sous son aspect descriptif comme une branche de la géographie physique, l'hydrologie est devenue aujourd'hui une technique importante de l'art de l'ingénieur intéressé à l'exploitation ou au contrôle des eaux naturelles.

»Les études hydrologiques plus ou moins poussées sont indispensables dès le début de la mise sur pied des projets d'usines hydro-électriques, de distribution d'eau, de protection contre les crues, de drainage, d'irrigation et de navigation fluviale. Le dimensionnement, la sécurité et la bonne exploitation des ouvrages hydrauliques sont toujours liés à une saine évaluation, non seulement des débits disponibles «en moyenne», mais encore et surtout des débits extrêmes (crues et étiages); le problème de la prévision des débits ordinaires ou extraordinaires est d'ailleurs l'un des plus importants, en pratique, et a donné lieu à une foule d'études; la plupart de celles-ci font appel aux mille ressources du calcul des probabilités.

»La préparation des plans généraux d'aménagement des pays sous-développés — et aussi des zones très industrialisées de nos pays de vieille civilisation — implique le plus souvent une étude hydrologique suffisamment poussée pour dresser l'inventaire des ressources en eau de surface et en eau souterraine des régions considérées.

»Sous la poussée des besoins, les recherches hydrologiques se sont beaucoup développées au cours des dernières décennies; menées à partir de points de vue différents — reflets de leurs préoccupations particulières — par les géographes, les physiciens du globe, les ingénieurs, les agronomes, etc., elles ont donné lieu à une littérature technique aussi abondante que disparate, répartie dans une foule de publications; l'établissement d'un corps de doctrine, unanimement admis, a été tenté — notamment par les hydrologues des Etats-Unis — dans divers ouvrages remarquables, mais beaucoup de progrès restent encore à accomplir».

Une rapide revue de la table des matières nous permettra dès lors de compléter ce compte rendu.

L'auteur consacre deux chapitres à l'atmosphère, l'hydrométéorologie et les précipitations. Cette dernière partie est particulièrement complète.

Il passe alors dans les trois chapitres suivants aux caractéristiques diverses du bassin versant (topographiques, glaciologiques et thermiques) pour terminer sa première partie par l'étude de l'évaporation et de la transpiration.

La deuxième partie est consacrée au régime des cours d'eau : les mesures, l'étude du régime, l'analyse et la prédétermination de l'hydrogramme afférent à une averse donnée pour terminer par l'étude des crues.

Il s'agit donc avant tout d'une hydrologie de surface. C'est un ouvrage qui manquait à la littérature technique française et l'auteur peut en être fier : c'est la réussite. L'auteur peut surtout se vanter d'avoir créé un ouvrage bien français, clair et original.

2. MISE EN VALEUR INTENSIVE DES EAUX SOUTERRAINES

Les divers organismes des Nations-Unies qui participent aux activités du Centre de M en valeur des Ressources hydrauliques de l'ONU vient de publier une étude intitulée : « M en valeur intensive des Eaux Souterraines ». Nous reproduisons ci-après la table des matières de cet ouvrage.

Chapitre I. — Considérations fondamentales sur l'utilisation des Eaux Souterraines.

Facteurs Economiques. — Ressources en Eaux Souterraines. — Qualité et usage Eaux Souterraines. — Répartition des Eaux Souterraines. — Utilisation rationnelle conservation des Eaux Souterraines. — Incidences sociales.

Chapitre II. — Etapes de la mise en valeur des Eaux Souterraines.

Enquête hydrogéologique. — Evaluation des Eaux Souterraines. — Choix des points d'eau et enquêtes sur la mise en valeur. — Forage et Essais. — Entretien.

Chapitre III. — Aspects économiques et financiers.

Chapitre IV. — Organisation et Administration.

Rôle des pouvoirs publics. — Cadre et Organisation. — Administration.

Chapitre V. — Législation concernant les Eaux Souterraines.

ANNEXES

1. Conditions de gisement des Eaux Souterraines. Types de nappes souterraines. Emergence des eaux souterraines. — Alimentation des nappes souterraines.

2. Evaluation de la qualité de l'eau. — L'eau à l'état naturel. — Utilisation de l'eau. Prélèvement d'échantillons et analyse. — Aperçu des méthodes d'enquête sur la qualité de l'eau.

3. Exploration des Eaux Souterraines. — Notions fondamentales. — Méthodes d'exploration. — Méthodes d'alimentation quantitative.

4. Construction et Entretien des puits.

5. Pompes, Force motrice et Sources d'énergie.

6. Dispositions administratives et juridiques concernant les Eaux Souterraines.

3. BULLETIN Nos 11 ET 12 — ZONE ARIDE

Le bulletin n° 11, de mars 1961, de l'UNESCO, donne une série de nouvelles se rapportant à la zone aride.

Après quelques indications sur le colloque sur les changements de climat dont nous avons entretenu nos lecteurs dans les bulletins précédents, il nous annonce la parution prochain d'un manuel international sur l'irrigation et le drainage dont les éditeurs seront le professeur V. Kovda, le professeur R. M. Hagan et le Dr. C. Van den Berg. Ce manuel sera préparé en collaboration par l'Unesco et la FAO,

Les activités de l'Institut du Désert du Caire sont exposées dans un assez long article de même qu'une étude sur les régions arides de Turquie.

Le Bulletin donne des nouvelles des cours régionaux de formation organisés par l'Unesco ainsi que de son colloque sur les plantes médicinales en 1960. Il présente enfin les dernières publications de l'Unesco.

Dans le bulletin n° 12, on revient sur le manuel de l'irrigation et du drainage. Il est alors question de la publication FAO-Unesco d'une carte mondiale des Sols, article suivi d'une longue et intéressante étude sur les Recherches sur les Régions Arides au Pakistan.

Le Programme de bourses relatives à la zone aride est largement exposé tandis qu'un compte rendu est présenté de la Conférence Technique sur les Régions Arides en Australie. On finit par un aperçu de la nouvelle publication de l'Unesco « Utilisation de l'utilisation des terres des régions arides ».

AVIS

CINQUANTENAIRE DE LA SOCIÉTÉ HYDROTECHNIQUE DE FRANCE

SEPTIÈMES JOURNÉES DE L'HYDRAULIQUE

Séances de travail à PARIS : 4, 5 et 6 juin 1962

Voyage d'études à LACQ : 7 et 8 juin 1962

La Société Hydrotechnique de France organise les «Septièmes Journées de l'Hydraulique» qui auront lieu du 4 au 8 juin 1962.

La séance inaugurale sera consacrée au Cinquantenaire de la S.H.F., fondée à Grenoble 1912, et comportera trois exposés magistraux sur le thème :

— *État actuel et tendances de l'hydraulique*

Au cours des autres séances, sera étudié en six questions le sujet :

— *Bulles et gouttes : la tension superficielle en hydraulique*

Les exposés sur le thème A. et les questions du sujet B sont indiqués au verso.

Les rapports seront présentés, discutés et, éventuellement, publiés en français.

Les séances de travail auront lieu à Paris les 4, 5 et 6 juin 1962.

Un voyage d'études, associé aux «Journées» permettra de visiter au cours des journées des 7 et 8 juin 1962, les installations du complexe de Lacq : forage et exploitation pétrolière de la S.N.P.A. à Lacq, usine pétrochimique d'Aquitaine-chimie, fabrique d'aluminium Schenck à Noguères, centrale thermique d'E.D.F. à Artix, réservoir souterrain de gaz naturel de la S.N.P.A. à Lussagnet, etc.

Les personnes désireuses de présenter des rapports sur le sujet B, d'assister aux Septièmes Journées de l'Hydraulique ou de souscrire au compte rendu de ces journées sont priées de le faire connaître dès maintenant et sans engagement à la :

Société Hydrotechnique de France

199, rue de Grenelle, Paris (7^e). — Téléph. : Invalides 13-37

afin que celle-ci puisse leur envoyer, en temps voulu, les documents d'inscription et de souscription.

Un résumé en dix lignes de chaque rapport proposé devra être adressé en trois exemplaires à la Société Hydrotechnique de France avant le 31 octobre 1961.

Les rapports retenus devront être remis in-extenso au plus tard le 31 janvier 1962. Leur volume ne devra pas dépasser huit pages de texte de 2.500 caractères chacune ⁽¹⁾ plus une page de dessins au trait et une demi-page de photographies.

SEPTIÈMES JOURNÉES DE L'HYDRAULIQUE

PARIS : 4-6 juin 1962

A. — *ÉTAT ACTUEL ET TENDANCES DE L'HYDRAULIQUE*

Séance inaugurale consacrée au Cinquantenaire de la Société Hydrotechnique de France

- Allocution de M. le Président de la Société Hydrotechnique de France (S.H.F.).

- Allocution de M. le Président du Comité Technique de la S.H.F.

⁽¹⁾ A titre d'indication, une page 21 × 27, dactylographiée contient 2.500 à 3.000 caractères suivant corps de ces derniers, les interlignes et marges.

- Cinquante années d'hydraulique générale,
par M. Paul CHAPOUTHIER, Inspecteur Général des Etudes et Recherches à Electricité de France, Paris.
- Les machines hydrauliques,
par M. Paul BERGERON, Président-Directeur Général de la Maison L. BERGERON, Paris, Président de la Section «Machines» de la S.H.F.
- Le génie hydraulique,
par M. Jean AUBERT, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées; Président-Directeur Général de la Société de Construction des Batignolles et de la Société Française Navigation Rhénane, Paris; Président de la S.H.F.

B. — BULLES ET GOUTTES : LA TENSION SUPERFICIELLE EN HYDRAULIQUE

— Allocution de M. le Président du Comité Technique.

QUESTION I. La tension superficielle :
Théorie générale, résultats acquis.
Rapporteur général : N...

QUESTION II. L'ébullition et le transfert de chaleur :
Rapporteur général (à titre provisoire) : M. MONDIN, Chef de la Section des Transferts Thermiques du Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble.

QUESTION III. La tension superficielle dans l'industrie chimique :
Emulsions liquide-liquide et liquide-gaz, bouillons, mousses et aérosols.
Rapporteur général : M. LORRAIN, Ingénieur, Chef du Laboratoire d'Essais de la Division de Chimie, Compagnie de Saint-Gobain, Paris.

QUESTION IV. La cavitation :
Rapporteur général : M. BINDEL, Ingénieur Principal du Génie Maritime, Adjoint à M. l'Ingénieur Général, Chef du Bassin d'Essais des Carènes, Paris.

QUESTION V. Quelques types particuliers de bulles et de gouttes :
a) Physique des nuages et des brouillards,
b) Condenseurs de machines à vapeur et de machines frigorifiques,
c) Pulvérisation des liquides,
d) Soudure et métallisation par pulvérisation,
e) Bulles dans les bains métallurgiques et dans divers produits fondus, etc.
Rapporteur général : M. REMENIERAS, Chef du Service des Etudes Hydrauliques à la Direction des Etudes et Recherches d'E.D.F., Paris, Secrétaire Général du Comité Technique de la S.H.F.

QUESTION VI. La tension superficielle dans les terrains non saturés et les matériaux :
a) Tension superficielle en pédologie,
b) Tension superficielle en mécanique des sols,
c) Nappes pétrolifères,
d) Le béton à occlusion d'air.
Rapporteur général : M. Armand MAYER, Ingénieur Général des Mines, Président du Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie des Liants Hydrauliques, Paris.

2. TERRES ET EAUX

Revue Internationale pour la recherche, l'étude, l'utilisation, des Eaux

Géologie, Hydrogéologie, Technologie, Constructions des Barrages et Ouvrages, Irrigations, Equipements Ruraux.

Un supplément scientifique dans chaque livraison.

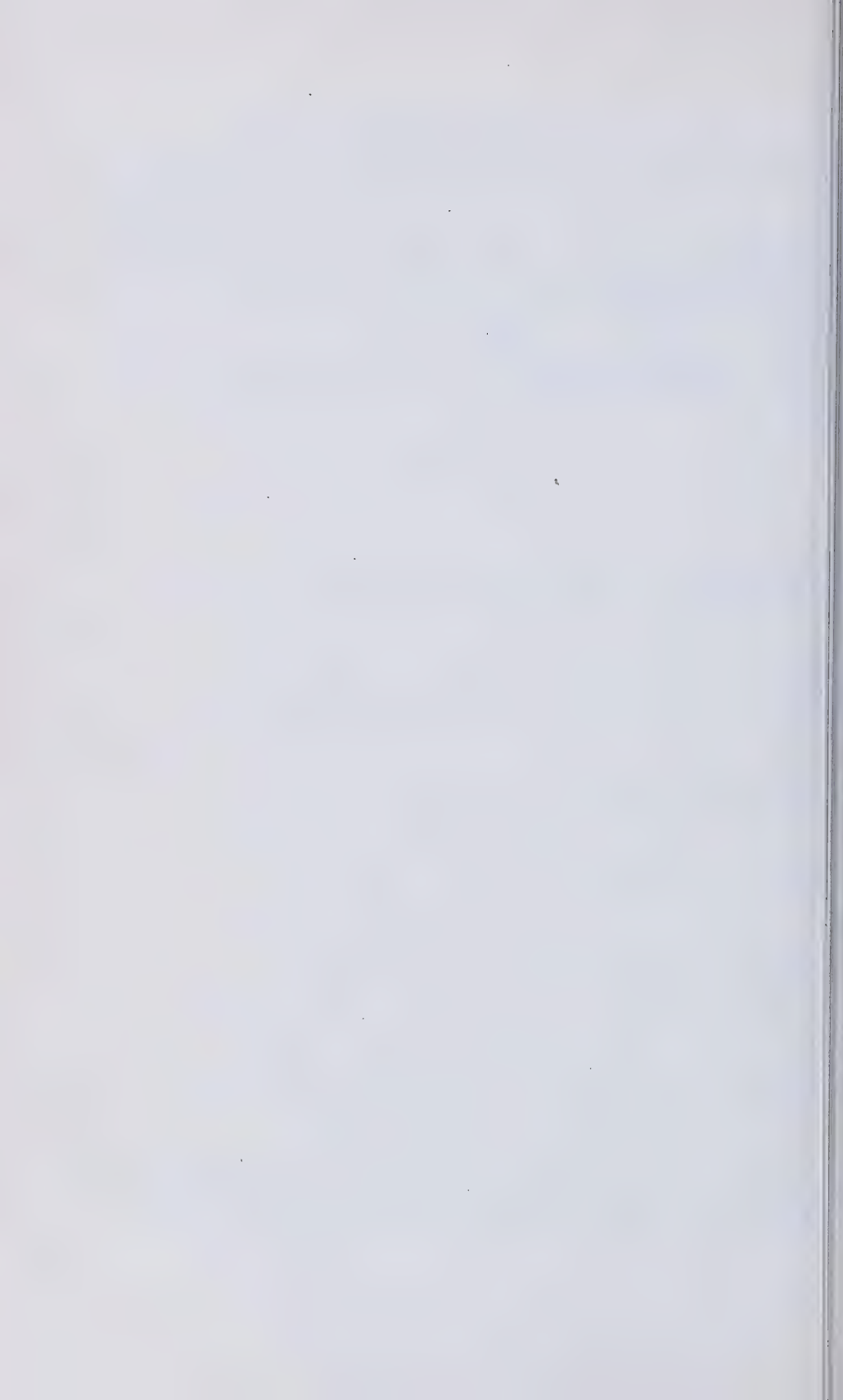
4 numéros par an :

abonnement : FRANCE 32 NF 00

ETRANGER 50 NF 00

REMISE aux membres de l'Association 25 %, C.C.P. 1.109.605 PARIS.

Administration : 117, rue des Poissonniers — PARIS 18^e-MON. 56.30.



III. PARTIE ADMINISTRATIVE

III. ADMINISTRATIVE PART

A) A. I. H. S.

A) I. A. S. H.

1) CALENDRIER AIDE-MÉMOIRE. a) DIARY OF EVENTS REMINDERS

1. Colloque d'Athènes du 11 (et non du 12) au 21 octobre 1961 1. Symposium at Athens 11-20 October (and not 12-21) 1961

2. Colloque sur l'Erosion Continentale 1962 2. Symposium on Continental Erosion 1962
Bari (Italie). Bari (Italy).

Envoyer :
a) les titres et résumés des communications au Secrétariat avant le 1^{er} mars 1962
b) envoyer les textes avant le 1/6/62.
a) Delivery of Summaries before 1st March 1962
b) Delivery to Secretariat of complete papers before 1st June 1962.

3. Colloque sur les fluctuations des glaciers actuels à Obergurgl (Tyrol) Autriche en septembre 1962. (du 10 au 18). 3. Symposium on the variations of existing glaciers at Obergurgl (Tyrol) Austria 10-18 September 1962.

Annoncer sa participation ou l'envoi d'une communication avant le 30 juin 1961. Any one who is likely to attend the Meeting, or to submit a paper should complete a form and send it to the Secretary of the Commission before 30th June 1961.
(à l'aide d'un formulaire à envoyer au Secrétaire de la Commission).

b) COLLOQUE D'ATHÈNES

Composition du Comité Grec

Président :

MM. Prof. A.N. GEORGIADÈS, délégué de l'AIHS.

Membres :

Prof. TRIKKALINOS (Géographie Physique) — Président de l'Académie.

Prof. PHOCAS (Balnéologie) — Recteur de l'Université.

Prof. MARIOLOPOULOS (Météorologie) — Ancien Recteur de l'Université.

Prof. MITSOPOULOS (Géologie) — Académicien.

Prof. LOUROS (Gynécologie).

Ex-Prof. GEORGALAS (Minérologie).

MM. Zachos, Directeur Général de l'Institut des Recherches Géologiques du Sous-sol
PALEOLOGUE, Chef du Service des améliorations foncières du Ministère de
l'Agriculture.

COLIOPOULOS, Chef de Service géologique du Ministère de l'Agriculture.

XENOS, Président du Comité hellénique de Géodésie et de Géophysique.

PERTESIS, Chimiste, ex-Directeur du Service hydrologique du Ministère de l'Industrie

CATSOULIS, Directeur des Services de Géochimie et de Technologie au Ministère
de l'Industrie.

E. VOURLAKIS, Général de Brigade, Directeur du Service Météorologique National

b) SYMPOSIUM OF ATHENS

Greek Committee

Programme

Mardi 10 octobre

14 h Ouverture du Secrétariat, Hôpital
Universitaire, Alexandra.

Mercredi 11 octobre

8 h 30 Ouverture du Secrétariat, Hôpital
Universitaire, Alexandra.

11 h Séance d'ouverture du colloque dans
la Salle Académique de l'Université
d'Athènes, rue de l'Université.

Program

Tuesday 10 October

2 p.m. Opening of the Secretariat —
Universitair Hospital Alexandr

Wednesday 10 October

8.30 a.m. Opening of the Secretariat —
Universitair Hospital Alexandr

11 a.m. Opening Meeting of the Sym
posium in the Academic Hall
of the University of Athens, Un
iversity Street.

Orateurs

Monsieur le Ministre de l'Instruction Publique et des Cultes Boyiadzis;

Monsieur le Recteur de l'Université d'Athènes, professeur PHOCAS;

Monsieur le Professeur A. GEORGIADÈS, président du Comité hellénique;

Monsieur M. BATISSE, Chef de la Division des Sciences Naturelles à l'Unesco.

Le représentant de l'Association Internationale d'Hydrologie Scientifique.

15 h Séance de travail dans l'Amphi-
théâtre de l'Hôpital Universitaire
Alexandra, rue de la Reine Sophie.

3 p.m. Working Session in the Amph
theater of the University Hosp
tal Alexandra, Queen Sophi
Street.

1. Études Générales Hydrogéologie générale

1. General Considerations General Hydrogeology

1. R. AMBROGGI, R. HAZAN, F. MARGAT, F. MORTIER (Maroc). Réflexions sur la coopération des diverses disciplines dans la recherche hydrogéologique.
2. Prof. G. V. BOGOMOLOV, K. I. KUDELIN and N. A. PLOTNIKOV (URSS). The principles of evaluation of Ground Water resources for Water Supply and Irrigation.
3. Prof. TRICART (France) — Géomorphologie et Eaux Souterraines.
4. N. A. OGILVIC and V. N. CHULBAROV (URSS) — Evaluating of Ground Water in Deserts.
5. E. STRETTA (UNESCO) — Exemples de prospection hydrogéologique au Mexique basés sur la chimie des eaux.
6. Dr. IRENA DYNOWSKA (Pologne) — The circulation of Ground Water in an area built of Cretaceous marl exemplified by the basin of the upper Szreniawa River.
7. G. CASTANY (France) — Méthodes d'études des nappes aquifères.
- 7Bis. BOCHEVER, KUDELIN, CHURINOV (URSS) — On the Problem of refuting the underground waters on hydrogeological maps.

Vendredi 12 octobre
8 h 45 Séance de travail.

Thursday 12th October
8.45 a.m. Working Session.

8. Dr. G. KOLIOPOULOS et E. MARIOLAKOS (Grèce) — Circulation d'eau souterraine dans les roches éruptives altérées et fissurées.
9. VIKTOROV VOSTOKAVA (URSS) — Geobotanical Methods of Ground Water Study.
10. M. GOSSELIN (France) — Méthodes Générales d'évaluation des Ressources en Eau souterraine, principalement en zone aride.
11. J. FRANGOPOULOS et G. ZERVOYANNIS (Grèce) — Sur la difficulté de formation de nappes aquifères dans les calcaires de la Grèce à cause de la tectonique de ces derniers. — Quelques cas d'exception.

2. Hydrogéologie de Régions

2. Hydrogeology of Regions

12. KEMAL ERGUANLI (Turquie) — Further Hydrogeological Investigations in Central Anatolia.
13. V. L. BOSAZZA (Bechuanaland) — On the Origin of the Salts in solution in Wells and Boreholes of Niassa — Northern Mozambique.
14. R. WOLFART (Allemagne) — Hydrogeology of the Central Tuwaiq Mountains and adjoining regions (Saudi Arabia).
15. HAMIT N. PAMIR (Turquie) — Hydrogéologie de la région centrale de l'Asie Mineure.

Vendredi 12 octobre
15 h Séance de Travail.

Thursday 12th October
3 p.m. Working Session.

16. R. M. EL. AYOUTY and M. A. EZZAT (Egypte) — Hydrogeological Observations in the Search for underground water in the W. Desert of Egypt.
17. Dr. G. KOLIOPOULOS et Dr. J. FRANGOPOULOS (Grèce) — Les nappes aquifères dans les couches néogènes de la Grèce.
18. I. HARPAZ (Israel) — Hydrogeological investigations in the Southern Desert of Israel.
19. F. MORTIER (Maroc) — Les eaux des calcaires du Lias au Maroc.
20. J. BURDON and N. PAPAKIS (Grèce) — Methods of investigating the Groundwater Resources of the Parnassos-Ghiona Limestones.
21. C. VOUTE (Pays-Bas) — A comparison between some hydrogeological observations made

in the Jurassic and Cenomanian Limestone Mountains situated to the West and the East of the Ghab Graben (U.A.R. Syria).

22. J. MARGAT (Maroc) — Evaluation des ressources en eau souterraine en zone aride — Nappe phréatique du Maroc pré-Saharien.

- 22Bis. H. R. VERSEY (Grande Bretagne) — Variations in Water Level and Salinity in the Clarendon Plains, Jamaica W.I.

Jeudi 12 octobre

20 h Réunion du Conseil.

Thursday 12th October

8 p.m. Meeting of the Council.

Vendredi 13 octobre

20 h Réunion du Comité des cartes des Eaux Souterraines (uniquement pour les membres de ce Comité désignés à Helsinki).

Friday 13th October

8 p.m. Committee of Maps of Ground Waters (only for the members of this committee, designated to the Helsinki Assembly).

Samedi 14 octobre

7 h 30 Excursion à Marathon et à Chalkis. Départ à 7 h 30 par autocar avec guide-conférencier. A Marathon visite (Barrage). Continuation pour Cropos. Traversée par le Ferry (1 heure) pour l'île d'Eubée et arrivée vers 12 h à Eretrie et ensuite à Chalkis (La marée de l'Euripe présente des phénomènes particuliers). Déjeuner à l'Hôtel Lucy et départ à 13 h 30 pour le retour par Thèbes.

Prix de l'excursion : 200 Drachmes.

Saturday 14th October

7.30 a.m. Excursion to Marathon and Chalki Departure at 7.30 a.m. with autocars with guides. Visit of Marathon (Dam) Continuation for Cropos. Crossing of the Channel with the ferry-boat (1 h) for the island of Euboea. Arrival at 12 o'clock at Eretria and after at Chalkis (Tides of the Euripe). Lunch at Hotel Lucy Departure at 1.30 p.m. and return Thebes Athens. Price of the excursion with lunch : 200 Drachmes.

Dimanche 15 octobre

Excursion au cap Sounion via Vouliagmeni. Départ à 9 h pour Ekali (visite), Vriliasia (visite), Sounion (visite du Temple. 13 h déjeuner à l'Hôtel Algeon. Après le déjeuner, départ pour Vouliagmeni et visite de la Station balnéaire. Retour à Athènes vers 17 h.

Prix : 185 Drachmes.

Sunday 15 October

Excursion to cap Sounion via Vouliagmeni. Departure at 9 a.m. for Ekali (visit) Vriliasia (visit), Sounion (visit of the Temple. 1 p.m. Lunch (Hotel Algeon). After the lunch, departure for Vouliagmeni. Return Athens : 5 p.m. Price : 185 Drachmes with the Lunch.

Vendredi 13 octobre

8 h 45 Séance de Travail.

Friday 13 October

8.45 a.m. Working Session.

23. F. BENDER et M. FLATHE (Allemagne) — Groundwater Conditions in the Chaco Boreal (Paraguay).

24. Dr. J. FRANGOPOULOS (Grèce) — Concentrations considérables d'eau souterraines dans les roches marneuses fissurées.

25. R. WOLFART (Allemagne) — Hydrogeology of Northern Jordan.

26. Dr. ing. ZAZIZLAW KACZMAREK — Some methodical problems of groundwater forecasting

- 10. G. GABERT, N. KLEINSORGE, K. KREYSING and R. VENZLOFF (Allemagne) — Some results of Groundwater investigations in the Republic of Sudan.
- 11. H. A. WAITE and HUSSEIN IDRIS (U.S.A.) — Status of Hydrogeological Investigations in the New Valley Project Western Desert, Egyptian Region, United Arab Republic.
- 12. A. CORNET et P. ROGNON (France) — Estimation de la valeur des débits circulant dans la nappe du Continental Intercalaire Sud Algérien.

vendredi 13 octobre
15 h Séance de Travail.

Friday 13th October
3 p.m. Working Session.

2. Hydrodynamique Essais

3. Hydrodynamics Tests

- 13. A. WIEEZYATY (Pologne) — Caractéristiques du débit des formations aquifères.
- 14. Prof. K. TODD (U.S.A.) — The distribution of Ground Water beneath artificial Recharge Areas.
- 15. Dr. BORELI (Yougoslavie) — Méthodes d'évaluation des ressources en Eaux Souterraines.
- 16. V. D. BABUSHKIN, S. P. PROHOROV and A. A. SAAR (URSS) — On recharge of artesian aquifers as a result of water release from clay layers.
- 17. Dr. Z. KAJETANOWIEZ (Pologne) — Les dépendances génétiques de l'eau de fond et de l'eau de surface.
- 18. I. KAHAMA and J. BEAR (Israel) — Determination of safe yield in a coastal aquifer.
- 19. Prof. Dr. W. KOLLIS (Pologne) — Etablissement semi-empirique du coefficient de filtration et du temps de pompage dans le cas de terrains quaternaires.
- 20. R. HAZAN et J. MARGAT — Prévision des fluctuations du niveau piézométrique d'une nappe phréatique en zone aride.

Lundi 16 octobre
8 h 45 Séance de travail.

Monday 16th October
8.45 a.m. Working Meeting.

- 21. J. KAHAMA and J. BEAR (Israel) — Forecasting of Water Table Fluctuations by Hele-Shaw Model Techniques.
- 22. R. HAZAN (Maroc) — Hydrodynamique des captages s'influençant mutuellement.
- 23. V. M. SHESTAKOV (URSS) — The problems of filtrations computations of perfect and imperfect wells.
- 24. R. HAZAN (Maroc) — Etude hydrodynamique des filets d'eau au moyen des forages et moyens d'accroître leur durée d'exploitation.
- 25. M. S. HANTUSH (Iraq) — Economical Spacing of interfering wells.
- 26. M. MILOJEVIC (Yougoslavie) — Interference of radial collective wells.
- 27. K. UBELL and G. OLLOS (Hongrie) — Relation between discharge and hydrodynamics conditions in the vicinity of the well.
- 28. J. J. BREUSSE (France) — Les méthodes géophysiques de la recherche des Eaux Souterraines.

Lundi 16 octobre
15 h Séance de travail.

Monday 16th October
3 p.m. Working Meeting.

- 29. Dr. L. ZORZI (Italie) — Vérifications hydrologiques dans la recherche des Eaux souterraines et idoneité des divers systèmes de forage.
- 30. B. K. BAWAJA (India) — Some interesting Geohydrological Studies on a Test Well at Deodar.

4. Vues générales sur la Mise en exploitation des ressources

48. R. C. THOMAS (U.S.A.) — Planning for Ground Water Development.
49. J. TIXERONT, M. CHAUMONT, M. ZEBIDI (Tunisie) — La relation entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.
50. G. MAXEY and SHUMBERGER (U.S.A.) — The Humboldt River Research Project.
51. F. M. BOCHEVER (URSS) — Hydrogeological designs of the exploitation resources underground waters for water supply.
52. J. B. GRAHAM (U.S.A.) — Development of an industrial Ground Water Supply in Southern Turkey.
53. A. BONNIER, M. BOUZID et O. W. TSCHELTZOFF (Tunisie) — Note sur quelques méthodes d'estimation des ressources en eaux souterraines employées en Tunisie.
54. ALI H. KAZMI (Pakistan) — Laboratory tests on Test drilling Samples from Recharge Doub, West Pakistan and their application to Water Resources Evaluation Studies.

Mardi 17 octobre

9 h Visite d'Athènes : Acropole et Musée National. Départ à 9 h. Musée National (visite). Palais Royal, Stade, Temple de Jupiter, Théâtre de Dyonisis, Agora (visite), Musée de l'Acropole. Retour aux Hôtels (13 h 30).
Prix : 90 Drachmes.

Tuesday 17th October

9 a.m. Visit of Athens (Acropole and National Museum) Departure at 9 a.m. National Museum (visite), Royal Palace, Station of Temple of Jupiter, Theater of Dyonisos, Agora (visit) Museum of Acropole. Return to the Hotels (1.30 p.m.).
Price: 90 Drachmes.

Mardi 17 octobre

15 h Séance de Travail.

Tuesday 17th October

3 p.m. Working Session.

55. Dr. NÖRING (Allemagne) — Ways to increase the efficiency of exploration wells.
56. Clyde S. CONOVER (U.S.A.) — Ground Water in the Arid and Semi Arid Zone. Its source Development and Management.
57. Dr. VITA FINZI (Grande Bretagne) and R. C. VORHIS (U.S.A.) — Manmade Changes in the Water Resources in Tripolitanian Lybia.

5. Etude détaillée (Alimentation)

5. Detailed Study (Recharge)

58. V. I. FERONSKY and F. S. ZAVELSKY (URSS) — Gamma-Method for observing of dynamics of moisture percolating in soils and considered in evaluating of Ground Water Resources.
59. R. HAZAN (Maroc) — Nappes de Berrechid et de Charf el Akab, Mécanisme d'alimentation et évaluation des Ressources en eau souterraine. Recharge artificielle.
60. M. GOLDSCHMIDT (Israel) — On the Mechanism of the Replenishment of aquifers in the Negev.
61. F. MORTIER (Maroc) — Importance de l'alimentation latérale des nappes phréatiques en zones arides.
62. N. DURAS and W. A. HALL (Israel and U.S.A.) — Allocation of Water from Surface Reservoirs for aquifer Recharge.
63. G. ARONIS, D. J. BURDON and C. ZARIS (Grèce) — Development of a Karst Limestone Spring.

4. H. E. THOMAS and L. C. BUTCHER (U.S.A.) — Ground Water Dilemma at Teboulka, Tunisia.

Mardi 17 octobre
20 h Réunion du Conseil.

Tuesday 17th October
8 p.m. Council Meeting.

Mercredi 18 octobre
8 h 45 Séance de travail.

Wednesday 18th October
8.45 a.m. Working Session.

5. Etude détaillée du développement de régions

6. Detailed Study of the Development of Regions

5. BIRSCHENK and G. R. WILSON (Iran) — The exploration and Development of Ground-water Resources in Iran.

6. E. V. PETERSON — The Reconnaissance Approach to locating Stock Wells in Arid Regions of Western United States.

7. Prof. LOUROS, B. TERZIS, M. PAVLATOU et A. EVANGELOPOULOS (Grèce) — Action Oestrogène des substances organiques de la boue de quelques sources thermales de la Grèce.

8. S. MANDEL and MERI (Israel) — Planned Exploitation of the aquifer Feeding the Na'Amman Spring.

9. Dr. Michel PERTESSIS (Grèce) — Relations entre la composition chimique des sources thermominérales en Grèce et la constitution géologique du pays.

10. J. W. HERSCHBERGER (U.S.A.) — Technique of Ground Water Development in the Navajo County Arizona, New Mexico and Utah (U.S.A.).

11. D. J. BURDON and A. DOUNAS (Grèce) — Hydrochemistry of the Parnassos Ghiona Aquifers and Problems of the Water Contamination in Grèce.

12. J. CAMINOPETROS et M. PARTESSIS (Grèce) — La fluorose dentaire d'origine hydrique observée chez les habitants et les animaux domestiques de la région de Laurium.

Mercredi 18 octobre
14 h 30 Séance de travail.

Wednesday 18th October
2.30 p.m. Working Session.

13. A Symposium on the Hydraulic Environment in an Arid Zone in Southwestern United States. — Prehistorical to Present.

E. SKIBITZKE, J. DA COSTA, D. LEVIS, R. BENNET, E. SKIBITZKE and T. MADDOCK (U.S.A.).

Conclusions du Colloque

Conclusions of the Symposium

Mercredi 18 octobre
21 h. Diner offert par le Comité Grec
tenue de ville

19-20-21 Octobre
Excursion

Wednesday 18th October
9 p.m. Dinner offered
by the Greck Committee

19th, 20th, 21th October
Excursion

19 octobre. — Départ à 7.30 h. par Mandra et Thèbes. Premier arrêt à Kopalo (visite de l'ancien lac mis à sec); Aliartos, Lavadia, Ossios Loucas (visite); Aspra Spitia; arrivée à Delphes pour le déjeuner (tard). Après-midi. Visite de Delphes.

20 octobre. — Delphes. — Traversée par ferry — Déjeuner — pique nique fourni par l'hôtel à Delphes; Amfissa (visite); Corinthe (visite) Loutraki (logement).

21 octobre. — Départ de Loutraki pour Nauplie en passant par Mycènes, Larna, Déjeuner à Nauplie. — Retour par Epidaure (visite) Eleusis et Daphni. Arrivée à Athènes vers 21 h 30.

«Un comité des Dames, présidé par Madame PHOCAS, s'occupera des Dames pendant les séances de travail.»

c) RÉUNION DU CONSEIL DE L'ASSOCIATION

Des problèmes très importants pour l'Association devraient être examinés. Le Conseil de l'Association se réunira donc à Athènes au cours du Colloque notamment pour examiner les points suivants. L'ordre du jour pourra être complété.

Ordre du jour provisoire

1. Proposition des U.S.A. pour une décade hydrologique.
2. Programme de l'Assemblée Générale et Colloque précédant cette Assemblée.
3. Bulletin de l'Association. — Résolution de la Grande Bretagne.
4. Relations avec l'Unesco.
5. Relations avec l'O.M.M.
6. Relations avec le F.A.O.
7. Situation financière.

c) MEETING OF THE COUNCIL OF THE ASSOCIATION

Some questions, very important for the Association, have to be solved. The Council of the Association will meet in Athens during the Symposia and will namely consider the following items. This agenda will probably be completed by other items.

Agenda

1. U.S. Proposal for an hydrological decade.
2. Program of the General Assembly and Symposia before this Assembly.
3. Bulletin of the Association. — Resolution presented by the British National Committee.
4. Relations with Unesco.
5. Relations with W.M.O.
6. Relations with F.A.O.
7. Financial Situation.

B. Organisations Gouvernementales W.M.O.-O.M.M.

First Session of the Commission for Hydrological Meteorology

Washington 25 D.C.

12-25 April 1961

Le résumé ci-après n'a rien d'officiel.

SUMMARY OF THE WORK OF THE SESSION

1. ORGANIZATION OF THE SESSION

There were 67 participants at the Session. These included representatives from 27 countries and 9 international Organizations, Prof. L. T. Tison represented I.A.S.H.

1.1. Opening of the Session

The President, Mr. M. A. Kohler opened the first Session at 11,00 a.m. on 12 April 1961. The meeting was successively

Première Session de la Commission de Météorologie Hydrologique

12-25 Avril 1961

RÉSUMÉ DU TRAVAIL DE LA SESSION

1. ORGANISATION DE LA SESSION

67 participants représentaient 27 contrées et 9 organisations internationales. Le Prof. L. J. Tison représentait l'AIHS.

1.1. Ouverture de la Session

Le Président, Mr. M. A. Kohler a ouvert la première session à 11 h. le 12 avril 1961. Les orateurs suivants s'adressèrent à

addressed by Dr. W. G. Whitman, Science Adviser to the Secretary of State of U.S.A., by Dr. F. W. Reichelderfer, Chief of U.S. Weather Bureau, by Dr. K. Langlo as representative of the Secretary General of W.M.O. Finally, Mr M. Kohler delivered the Presidential address.

2. *Consideration of the Report on Credentials*

3. *Adoption of the Agenda*

4. *Establishment of Committees*

a) Committee A to deal with questions of technical character (Chairman: Prof. W. Bleeker),

b) Committee B to deal with questions of organizational character (Chairman: Mr. R. Clemente).

5. *REPORT BY THE PRESIDENT OF THE COMMISSION*

The representative of the U.N. stated that the beginning made by C.H.M. appeared to correspond to the hopes of the U.N. and the Specialized Agencies when they urged W.M.O. to undertake greater responsibilities in Hydrology.

6. *TECHNICAL QUESTIONS*

1. *Hydrological Forecasts*

1.1. *Bibliography on Hydrological Forecasting*

The Commission discussed the possibility of the publication of a bibliography on hydrological forecasting. It was realized that there exists already an International Bibliography on Hydrology published by the International Association of Scientific Hydrology of the IUGG. Prof. J. TISON presented the work realized by IASH. The Commission agreed that Members of WMO that do not submit national bibliographies on hydrology to the International Association of Scientific Hydrology be urged

l'Assemblée : le Dr. W. G. Whitman, Conseiller Scientifique du Secrétaire d'Etat des USA, le Dr. F. W. Reichelderfer; Chef du Weather Bureau, le Dr. K. Langlo représentant le Secrétaire Général de l'OMM. Finalement, Mr. M. Kohler présenta l'adresse présidentielle.

1.2. *Vérification des pouvoirs des délégués*

1.3. *Adoption de l'Ordre du jour*

1.4. *Etablissement de Comités:*

a) Comité A pour s'occuper des questions techniques (Président : Prof. W. Blecker).

b) Comité B pour s'occuper des questions d'organisation.

2. *RAPPORT DU PRÉSIDENT DE LA COMMISSION*

Au cours de la discussion de ce rapport, le représentant des Nations Unies assura que le début de la CHM répondait aux espoirs des Nations Unies et des Agences Spécialisées quand elles demandèrent à l'OMM d'accroître ses responsabilités dans le domaine de l'Hydrologie.

3. *QUESTIONS TECHNIQUES*

3.1. *Prévisions hydrologiques (Point 3.1 de l'Ordre du jour)*

3.1.1. *Bibliographie relative à la prévision hydrologique*

La Commission a étudié la possibilité de publier une bibliographie relative à la prévision hydrologique. Il a été noté qu'il existe déjà une Bibliographie internationale de l'Hydrologie publiée par l'Association internationale d'Hydrologie scientifique affiliée à l'UGGI. Le Prof. Tison a présenté le travail réalisé par l'AIHS. La Commission a estimé que cette Bibliographie, qui consiste en un recueil de bibliographies nationales et qui doit être publiée chaque année, présenterait un intérêt accru si l'on pouvait prendre des dispositions visant à identifier toutes les

to collaborate, identifying publications on hydrological forecasting. The main decisions reported above are incorporated in Recommendation 3.1/1.

In connection with Agenda Item 4.4 the Commission also discussed the WMO subvention to IASH for the International Bibliography on Hydrology. It was agreed that this Bibliography was of great value for the work of the Commission and the hope was expressed that this fact be taken duly into account when a decision is taken on the continuation and the amount of this subvention for the fourth financial period (1964-1967).

3.1.2. The Organization of International Symposia and Seminars on Hydrological Forecasting

The Commission noted the great importance of international symposia and seminars to provide for the dissemination of theoretical and practical knowledge in the field of hydrological forecasting. The recommendations of the Commission on this subject are reported under Agenda Item 5.3. Prof. TISON accepted to consider the possibility of organizing such a symposium in 1963 before the General Assembly of 13 Berkeley.

3.1.3. Verification of Hydrological Forecasts

The Commission decided that verification of hydrological forecasts on an international basis was not warranted at this time. It was agreed, however, that it would be useful to include some features on verification of such forecasts in the planned symposia on hydrological forecasting.

3.1.4. Formulation of Hydrological Forecasting Requirements from Meteorological Services

The Commission noted that meteorolo-

communications ayant trait à la prévision hydrologique. La Commission a en outre convenu de prier instamment les Membres de l'OMM qui ne fournissent pas à l'Association internationale d'Hydrologie scientifique des bibliographies nationales relatives à l'hydrologie, de bien vouloir collaborer en indiquant les ouvrages traitant de prévisions hydrologiques. Les principales décisions mentionnées ci-dessus figurent dans le texte de la Recommandation 3.1/1.

En ce qui concerne le point 4.4 de l'Ordre du jour, la Commission a également étudié la subvention de l'OMM à l'AIHS attribuée en vue de permettre la publication de la Bibliographie internationale de l'Hydrologie. Il a été convenu que cette Bibliographie était des plus utiles à la Commission dans ses travaux et l'espoir a été exprimé qu'il serait tenu compte de ce fait lorsqu'une décision sera prise quant au maintien et au montant de cette subvention pour la quatrième période financière (1964-1967).

3.1.2. Organisation de colloques et cycles d'études internationaux sur la prévision hydrologique

La Commission a souligné la très grande importance des colloques et cycles d'études internationaux permettant la diffusion de connaissances théoriques et pratiques en matière de prévision hydrologique. Les recommandations de la Commission sur ce point figurent au Point 5.3 de l'Ordre du jour. Le Prof. Tison a accepté de considérer la possibilité d'organiser semblable colloque en 1963 avant l'assemblée générale de Berkeley.

3.1.3. Vérification des prévisions hydrologiques

La Commission a décidé que la vérification, sur un plan international, des prévisions hydrologiques n'était pas justifiée à l'heure actuelle. Il a été cependant convenu qu'il serait utile de prévoir, dans le cadre des colloques envisagés en matière de prévision hydrologique, quelques éléments sur la vérification de ces prévisions.

3.1.4. Expression des données météorologiques nécessaires à la prévision hydrologique

La Commission a pris note que certains

cal data, are widely used in hydrological forecasting.

The Session agreed that the formulation of these requirements constituted one of the main tasks of the Commission for Hydrological Meteorology.

The Commission established a working group with terms of reference as given in Resolution 3.1/2.

3.1.5. Preparation of a Technical Note on Hydrological Forecasting and of a Chapter on this Subject for Inclusion in the Guide to Hydrological Meteorology

The Working Group on Hydrological Forecasting (see Resolution 3.1/2) was requested to prepare a Technical Note on this subject.

3.1.6. Translation of Valuable Publications on Hydrological Forecasting

The Commission adopted the Recommendation 3.1/3 on this subject.

3.1.7. Rapid Exchange of Information Required for Hydrological Forecasting on International Rivers

The Commission recognized the need for making available to Members information on existing arrangements for rapid exchange of data required for hydrological forecasting on international rivers. It was proposed in Recommendation 3.1/5 that the Secretary-General should collect such information and distribute it to Members.

3.2. Networks for Hydrological Meteorology

The Commission considered that there was a need for the preparation of guidance material on network design and for evaluation of the adequacy of existing networks. By Resolution 3.2/1 it decided to set up a working group to study these problems.

The Commission further decided to bring to the attention of the President of

données météorologiques, celles relatives par exemple à l'évapotranspiration, aux précipitations, à l'équivalent en eau de l'enneigement, à la température de l'air, à l'humidité du sol, à la radiation, etc., sont abondamment utilisées en prévision hydrologique. Lors de la session, il a été reconnu que l'expression de ces besoins constitue l'une des tâches essentielles de la Commission de météorologie hydrologique. La Commission a établi un groupe de travail dont le mandat a été défini dans la Résolution 3.1/2.

3.1.5. Préparation d'une Note technique sur la prévision hydrologique et d'un chapitre sur ce sujet pour insertion dans le Guide de météorologie hydrologique

Le Groupe de travail de la prévision hydrologique (voir Résolution 3.1/2) a été chargé de préparer une Note technique sur ce sujet.

3.1.6. Traduction des travaux ayant une valeur en matière de prévision hydrologique

La Commission a adopté la Recommandation 3.1/3 relative à cette question.

3.1.7. Echange rapide de renseignements sur les cours d'eau internationaux pour les besoins de la prévision hydrologique

La Commission a reconnu l'importance de fournir aux Membres des renseignements au sujet des accords en vigueur visant l'échange rapide de données sur les cours d'eau internationaux pour les besoins de la prévision hydrologique. Le Secrétaire général a été invité, dans la Recommandation 3.1/5, à recueillir ces renseignements et à les communiquer aux Membres.

3.2. Réseaux pour la météorologie hydrologique

La Commission a estimé qu'il était nécessaire de préparer des directives sur la conception des réseaux et pour déterminer si les réseaux existants sont suffisants. En vertu de la Résolution 3.2/1, elle a décidé de créer un groupe de travail chargé de l'étude de ces problèmes.

La Commission a décidé en outre d'attirer

CHM the urgent need for establishment of guidance material on *minimum* density levels of networks.

3.3. *Publication and Exchange of Data*

3.3.1. *Publication and Exchange of Data for Hydrological Meteorology*

It was decided that the problem of publication and exchange of data used in hydrological meteorology should be examined by a working group established by Resolution 3.3/1. The Commission agreed that this working group should prepare guidance material on collection, processing and publication of data used in hydrological meteorology for inclusion in the Guide to Hydrological Meteorology.

Different proposals are incorporated in Resolution 3.3/2.

3.4. *Analysis and Publication of Data on Flood-Producing Storms*

The Commission studied the proposals submitted by the President of CHM, Canada, and the United States. It was agreed that guidance material for the analysis and publication of data on flood-producing storms should be included in the Guide for Hydrological Meteorology. The guidance material should cover:

a) The procedures for making supplementary precipitation surveys;

b) The publication of precipitation data obtained by both the supplementary surveys and the regular networks, and a meteorological analysis;

c) The analysis of depth-area-duration relationship of storm precipitation;

d) A standardized format for the presentation of the results of storm studies.

3.5. *Content of Climatic Atlases with Respect to Water Resource Development*

The Commission examined the list of

l'attention du Président de la CMH sur la nécessité urgente d'établir des directives et les critères *minimaux* de densité des réseaux.

3.3. *Publication et échange de données*

3.3.1. *Publication et échange de données pour la météorologie hydrologique*

Il a été décidé que le problème de publication et de l'échange des données utilisées en météorologie hydrologique devait être examiné par le Groupe de travail conformément à la Résolution 3.3/1. La Commission a convenu que ce Groupe de travail devrait préparer des directives pour la collecte, le dépouillement et la publication des données utilisées en météorologie hydrologique en vue de leur incorporation dans le Guide de météorologie hydrologique.

Différentes propositions sont incorporées dans la Résolution 3.3/2.

3.4. *Analyse et publication des données des perturbations atmosphériques provoquant des inondations*

La Commission a étudié les propositions présentées par le Président de la CMH, Canada et les Etats-Unis. Il a été décidé qu'il convenait d'inclure dans le Guide de météorologie hydrologique des directives portant sur l'analyse et la publication des données sur les perturbations atmosphériques provoquant des inondations. Ces directives devraient porter sur :

a) Les procédures à suivre pour effectuer des relevés supplémentaires de précipitation;

b) La publication des données de précipitations provenant à la fois des relevés supplémentaires et des réseaux réguliers, d'une analyse météorologique;

c) L'analyse du rapport «hauteur-surficie-durée» de la précipitation;

d) La normalisation de la présentation des résultats relatifs aux études de perturbation.

3.5. *Contenu des atlas climatiques en ce qui concerne la mise en valeur des ressources hydrauliques*

La Commission a examiné la liste de

aps contained in the Annexes to Resolution 30 (EC-IX) and noted that many of the climatic maps needed by hydrologists are therein. The Annex to Recommendation 3.5/1 contains a list of climatic maps which could usefully be added.

The Commission considered that it would be useful to have a representative survey on the Working Group of Climatic Classes of the Commission for Climatology.

The above decisions are incorporated in Recommendation 3.5/1.

3.6. *Avalanche Warnings and Forecasts*

The Commission noted with appreciation the interesting document prepared for the Session by Dr. M. R. de Quervain on existing methods of avalanche warnings and forecasts. It was the consensus of the Commission that there was no need for WMO to assume responsibility for problems of avalanche warnings and forecasts at the present time.

3.7. *Study of Seiches*

The Commission agreed that in addition to the study of seiches on lakes and land-locked seas, the study and prediction of water levels in estuaries is of concern to meteorologists also, and that the Working Group on Hydrological Forecasting should pay attention to these subjects. The Commission recommended that the Secretary-General conduct a survey of existing hydrological forecasting services to establish the status of current knowledge concerning seiches; it adopted Recommendation 3.7/1 on this subject.

3.8. *Standardization of Terminology, Codes and Units*

It was decided in Resolution 3.8/1 to set up a working group to prepare a better set of terms and suitable definitions.

On the question of codes, the Commis-

sions figurant aux Annexes à la Résolution 30 (EC-IX) et y a constaté la présence d'un grand nombre de cartes climatiques nécessaires aux hydrologistes. L'Annexe à la Recommandation 3.5/1 renferme une liste de cartes climatiques qui pourraient y être utilement ajoutées.

La Commission a estimé qu'il serait opportun de se faire représenter au Groupe de travail des atlas climatiques de la Commission de climatologie.

Les décisions ci-dessus figurent à la Recommandation 3.5/1.

3.6. *Avis et prévisions d'avalanches de neige*

La Commission a pris note avec satisfaction de l'intéressant rapport préparé par le Dr. M. R. de Quervain pour cette Session sur les méthodes utilisées actuellement pour élaborer les avis et les prévisions d'avalanches. L'avis général des membres de la Commission a été qu'il n'y avait aucune nécessité pour que l'OMM assume, à l'heure actuelle, des responsabilités en ce qui concerne les problèmes relatifs aux avis et prévisions d'avalanche.

3.7. *Etude des seiches*

La Commission a convenu qu'en plus de l'étude des seiches se produisant sur les lacs et les mers intérieures, l'étude et la prévision du niveau des eaux dans les estuaires concernent également les météorologistes, et que le Groupe de travail de la prévision hydrologique devrait porter son attention sur ces sujets. La Commission a recommandé que le Secrétaire général procède à une enquête sur les services de prévision hydrologique existants, de façon à faire le point des connaissances actuelles en matière de seiches; elle a adopté la Recommandation 3.7/1 au sujet de cette question.

3.8. *Normalisation de la terminologie, des codes et des unités*

Il a été convenu à la Résolution 3.8/1 de créer un groupe de travail chargé de préparer une meilleure liste de termes et des définitions convenables.

En ce qui concerne les codes, la Commis-

sion agreed that details of codes needed for use in the rapid exchange of information for hydrological forecasting in international river basins could best be left to Regional Associations and to individual countries.

The Commission noted that Resolution 30 (Cg-III) covered the standardization of units as regards the messages for the international exchange of data. The Working Group on Exchange of Meteorological Data Used in Hydrology (see Resolution 3.3/1) was asked to examine the question of standardizing units for publication purposes and to bring forward any recommendations to the next session.

3.9. *Recommendations Adopted at the Nairobi Joint Symposium on Tropical Meteorology in Africa*

3.9.1. Radar Observing Systems

Under this item the Commission discussed the recommendation on Radar Observing Systems adopted by the Symposium on Tropical Meteorology in Africa held in Nairobi in December 1959, and Recommendation VIII adopted by the first Inter-African Conference on Hydrology, Nairobi, January 1961. The Commission agreed that observations by radar systems should be fully developed for hydrological purposes.

The decisions are incorporated in Recommendation 3.9.1/1.

3.9.2. Influence of Land Use

The Commission noted Recommendation 8, Influence of land Use, adopted by the Symposium on Tropical Meteorology, which was held in Nairobi in December 1959 under the joint auspices of WMO and the Munitalp Foundation.

The Commission agreed that investigations of the effect of forest and swamps and of changes in Land Use on the water balance and on river regime are of great importance for development of the national economy of countries located not only in tropical but also in other climatic regions. It was

sion a convenu qu'il serait plus judicieux de laisser aux Associations régionales et aux pays intéressés le soin de régler les détails des codes nécessaires pour assurer l'échange rapide des renseignements relatifs à la prévision hydrologique dans les basses régions fluviales internationales.

La Commission a pris note du fait que la Résolution 30 (Cg-III) traitait de la normalisation des unités en ce qui concerne les messages destinés aux échanges de renseignements internationaux. Le Groupe de travail de l'échange des données météorologiques utilisées en hydrologie (voir Résolution 3.3/1) a été prié d'examiner la question de la normalisation des unités devant être publiée et de présenter à la prochaine Session toute recommandation qu'il pourra juger appropriée à cet égard.

3.9. *Recommandations adoptées au Colloque commun de Nairobi sur la météorologie tropicale en Afrique*

3.9.1. Systèmes d'observation par radar

Lors de l'examen de ce point, la Commission a discuté la Recommandation sur les Systèmes d'observation par radar adoptée par le Colloque de la météorologie tropicale en Afrique qui s'est tenu à Nairobi en décembre 1959, ainsi que la Recommandation VII adoptée par la première conférence inter-africaine de l'hydrologie, Nairobi, janvier 1961. La Commission a convenu que les observations effectuées par les systèmes de radar devront être développées au maximum à des fins hydrologiques. Ces décisions figurent à la Recommandation 3.9.1/1.

3.9.2. Influence de l'utilisation du sol

La Commission a pris note de la Recommandation 8-Influence de l'utilisation du sol adoptée par le Colloque sur la météorologie tropicale qui s'est tenu à Nairobi en décembre 1959 sous les auspices de l'OMM et de la Fondation Munitalp.

La Commission a convenu que l'étude de l'influence des forêts et des marécages ainsi que les modifications de l'utilisation du sol, sur le bilan hydrique et sur le régime des cours d'eau présente une importance capitale en matière de développement de l'économie nationale des pays situés non seulement dans

agreed that WMO should stimulate studies of these problems. Recommendation 3.9.2/1 was adopted on this subject.

3.10. *Accuracy of Measurements as Required for Hydrological Meteorology*

The decisions of the Commission are contained in Resolution 3.10/1.

3.11. *Evaporation Measurements and Control*

The Commission emphasized the importance of the problem of evaporation measurements and control. It agreed that investigations of different methods of measurement and control should be continued. The Commission decided to call the attention of CIMO to the need for guidance in protecting evaporation pans from birds and other animals.

It was further agreed that there was a need for continued studies of the relation between evaporation from pans and nearby lakes and that the Secretary-General should be requested to collect information on such studies from Members and to present a consolidated report on this question to the next session of the Commission. The Commission noted that IASH was also active in the field of evaporation measurements and control and that any future activities of the Commission in this field should be carried out in close collaboration with that Association.

It was also agreed that the item «Evaporation Measurements and Control» should be taken up as a subject for a symposium, preferably to be arranged in collaboration with CIMO and IASH.

Finally, without making any specific proposals at the present time, the Commission wished to stress the need for making available funds to undertake investigations on different aspects of evaporation measurements and control. The Commission invited the President of CHM to draw this matter to the attention of the Executive Committee, bearing in mind the possibilities of obtaining support from other organizations such as UNESCO for this purpose. In this connection attention

les régions tropicales mais encore dans d'autres régions climatiques. Il a été convenu que l'OMM devrait encourager l'étude de ces problèmes. La Recommandation 3.9.2/1 sur ce sujet a été adoptée.

3.10. *Précision des mesures requise en météorologie hydrologique*

Les décisions de la Commission figurent dans la Résolution 3.10/1.

3.11. *Mesures de l'évaporation et moyens de prévenir les pertes d'eau par évaporation*

La Commission a souligné l'importance du problème des mesures de l'évaporation et des moyens de prévenir les pertes d'eau par évaporation. Elle a convenu qu'il serait bon de poursuivre les études des différentes méthodes de mesure et de contrôle. La Commission a décidé d'attirer l'attention de la CIMO sur la nécessité de disposer de directives pour protéger les baquets d'évaporation des oiseaux et autres animaux.

Il a été en outre convenu qu'il est nécessaire de continuer les études des rapports existants entre les baquets d'évaporation et les lacs avoisinants, et qu'il faudrait prier le Secrétaire général de recueillir auprès des Membres des renseignements sur des études de ce genre, et de présenter un rapport global sur cette question lors de la prochaine session de la Commission. La Commission a noté que l'AIHS est également active dans le domaine de la mesure et de la prévention de l'évaporation et que tous les travaux ultérieurs de la Commission devraient être effectués en étroite collaboration avec cette Association.

La Commission a également convenu que le point «Mesures de l'évaporation et moyens de prévenir les pertes d'eau par évaporation» devrait faire l'objet d'un colloque à organiser de préférence en collaboration avec la CIMO et l'AIHS.

Enfin, tout en s'abstenant de formuler pour le moment aucune proposition spécifique, la Commission a souligné qu'il convenait de trouver des fonds pour entreprendre des recherches sur les différents aspects de la mesure et de la prévention de l'évaporation. La Commission a invité le Président de la CMH à porter cette question à l'attention

was also drawn to the WMO Operational and Technical Development Fund.

3.12. *Meteorological Factors in Hydrological Design*

The Commission felt that the action to be taken under this item was closely related to that under item 5.2 and the decisions of the session are accordingly recorded under item 5.2.

3.13. *Organizational Structures of the Hydro-meteorological Work in Different Countries*

Recommendation 3.13/1 was accordingly adopted to this effect.

3.14. *Recommendations Adopted at the First Inter-African Conference on Hydrology*

(Held in Nairobi, Kenya, from 12 to 26 January 1961). The discussion was based on a written report by the WMO Observer at the Conference, Mr. B. W. Thompson, and on information provided at the Session by the Representative of the CCTA, Mr. J. Rodier. The following comments on the recommendations were agreed upon:

Recommendation III — Standardization of Raingauges

It would be very difficult to ensure that all countries use the same pattern of rain gauge and the Commission felt that the purposes of this recommendation will largely be met by the action being taken under Resolution 12 (EC-IX). At the same time, it was desirable that CIMO should make recommendations designed to achieve uniform exposure of rain gauges.

Recommendation IV — Accuracy in Spatial Sampling of Rainfall

This subject will be dealt with by the

du Comité exécutif, en ne perdant pas de vue la possibilité d'obtenir dans ce dessein l'appui d'autres organisations comme l'UNESCO. A ce propos, on a également attiré l'attention sur le Fonds de développement des activités techniques et pratiques de l'OMM.

3.12. *Facteurs météorologiques intéressants l'hydraulique*

La Commission a estimé que les mesures à prendre à propos de ce point de l'Ordre du jour ont un rapport étroit avec celles du point 5.2 et les décisions de la session paraissent en conséquence au point 5.2.

3.13. *Organisation des travaux d'hydro-météorologie dans les différents pays*

La Commission a adopté la Recommandation 3.13/1 à cet effet.

3.14. *Recommandations adoptées à la Première conférence hydrologique interafricaine*

La Commission a examiné un certain nombre de recommandations adoptées à la Première conférence hydrologique interafricaine qui s'est tenue à Nairobi (Kenya) du 12 au 26 janvier 1961. Les débats ont porté sur un rapport rédigé par l'observateur de l'OMM à la Conférence, M. B. W. Thompson, et sur des renseignements fournis à la Session par le représentant de la CCTA, M. J. Rodier. Les recommandations ont fait l'objet des observations suivantes :

Recommendation III—Normalisation des pluviomètres

Il serait extrêmement difficile d'assurer que tous les pays utilisent le même type de pluviomètre, et la Commission a estimé que les mesures qui seront prises en vertu de la Résolution 12 (EC-IX) atteindront les fins que vise cette recommandation. Il est néanmoins souhaitable que la CIMO énonce des recommandations tendant à uniformiser les modalités d'utilisation des pluviomètres.

Recommendation IV—Précision de l'échantillonnage des précipitations dans l'espace

Le Groupe de travail de la planification

Working Group on Network Design (see Resolution 3.2/1) and the Working Group on Hydrological Forecasting (see Resolution 3.1/2).

Recommendation V — Maintenance of Networks of Raingauges

This question is covered by Regulation 2.5.1.1 of the WMO Technical Regulations. Guidance material on the inspection of precipitation stations will also be included in the Guide to Hydrological Meteorology.

Recommendation VI — Measurement of Rainfall Intensity

The need for adequate networks of autographic raingauges will be discussed in the Guide to Hydrological Meteorology.

Recommendation VII — Rainfall Intensity-Duration-Area-Frequency Relationships

The Guide to Hydrological Meteorology will include material on the study of this question.

Recommendation VIII — Value of Radar in Studies of Rainfall

See the decisions taken under Agenda Item 3.9.1.

Recommendation XLIV — Standardization and Installation of Evaporimeters and Evapotranspirometers

See the decisions taken under Agenda Item 3.11.

Recommendation XLV — Measurements of and Studies on Evaporation and Evapotranspiration

Recommendation XIX — Need for Caution in Using Experimental Result from the Temperate Regions

Recommendation XXXII — Inter-African Cooperation in the Field of Hydrology

The implementation of these recommendations is an internal matter for CCTA, and no action is required by the Commission.

The Commission wished to place on record its view that there should be continued

des réseaux (voir Résolution 3.2/1) et le Groupe de travail de la prévision hydrologique (voir Résolution 3.1/2) examineront ce sujet.

Recommendation V—Entretien des réseaux de stations pluviométriques

Cette question est traitée par la Règle 2.5.1.1 du Règlement technique de l'OMM. Des directives sur l'inspection des stations pluviométriques figureront également au Guide de météorologie hydrologique.

Recommendation VI—Mesure de l'intensité des précipitations

Le Guide de météorologie hydrologique traitera de la nécessité d'organiser des réseaux suffisants de pluviomètres autographiques.

Recommendation VII—Relations intensité-durée-zone-fréquence des précipitations

Le Guide de météorologie hydrologique contiendra des données relatives à l'étude de cette question.

Recommendation VIII—Valeur du radar dans l'étude des précipitations

Voir les décisions prises dans le cadre du point 3.9.1 de l'Ordre du jour.

Recommendation XLIV—Normalisation et installation d'évaporomètres et d'évapotranspiromètres

Voir les décisions prises dans le cadre du point 3.11 de l'Ordre du jour.

Recommendation XLV—Mesure et étude de l'évaporation et de l'évapotranspiration

Recommendation XIX—Nécessité de vérifier les résultats expérimentaux provenant des régions tempérées avant de les utiliser

Recommendation XXXII—Coopération inter-africaine dans le domaine de l'hydrologie

L'application de ces recommandations est une question d'ordre intérieur pour la CCTA et n'exige aucune mesure de la part de la Commission. On pourrait les examiner lors de la prochaine session de l'Association régionale I en vue de déterminer si l'OMM est en mesure de prêter son concours à la CCTA pour leur mise en œuvre.

close collaboration between WMO and CCTA, and it was suggested that the Secretary-General should communicate the comments recorded above to CCTA and express appreciation for the assistance provided at the Session by the CCTA representative.

La Commission estime que l'OMM et la CCTA doivent continuer à travailler en étroite collaboration et désire qu'il soit pris acte de ce point de vue. On a suggéré que le Secrétaire général devrait communiquer les commentaires notés plus haut à la CCTA et lui indiquer que l'assistance fournie à la Session par le représentant de la CCTA a été grandement appréciée.

4. WORKING RELATIONS WITH REGIONAL ASSOCIATIONS, OTHER TECHNICAL COMMISSIONS AND OTHER INTERNATIONAL ORGANIZATIONS

4. RELATIONS DE TRAVAIL AVEC LES ASSOCIATIONS RÉGIONALES, LES AUTRES COMMISSIONS TECHNIQUES ET D'AUTRES ORGANISATIONS INTERNATIONALES

4.1. *Regional Association Activities in Hydrological Meteorology*

A list of items which might usefully be studied by Regional Associations is contained in Recommendation 4.1/1.

The attention of the Presidents of Regional Associations is drawn to the decisions of the Commission under Agenda Item 5.7.

4.1. *Activités des Associations régionales Météorologie hydrologique*

Une liste des points qui pourraient être utilement étudiés par les Associations régionales est donnée par la recommandation 4.1/1.

L'attention des Présidents des Associations régionales est attirée sur les décisions prises par la Commission à propos du point 5.7 de l'Ordre du jour.

4.2. *Commission for Instruments and Methods of Observation*

4.2. *Commission des instruments et des méthodes d'observation*

4.2.1. Desirability of Maintaining a Separate Commission for Instruments and Methods of Observation

The Commission decided to recommend that in view of the many instrumental problems still to be solved, CIMO should be continued. At the same time the Commission recognized that it had vital interests in instrumentation and the methods of observation of certain elements and that it might be necessary to set up one or more special working groups under CHM to deal with problems in this field. CIMO would be invited to be represented on each such working group, and it was hoped that CIMO would likewise invite CHM to be represented on CIMO working groups dealing with matters of direct interest to CHM.

4.2.1. Opportunité de maintenir une Commission distincte des instruments et des méthodes d'observation

La Commission a décidé de recommander le maintien de CIMO, en raison des nombreux problèmes que posent encore les instruments. En même temps, la Commission a reconnu que les instruments et les méthodes d'observation de certains éléments présentent pour elle un intérêt vital et qu'il serait peut-être nécessaire d'établir un ou plusieurs groupes de travail spéciaux relevant de la CMH pour s'occuper des problèmes qui se posent dans ce domaine. La CIMO serait invitée à se faire représenter au sein de ses propres groupes de travail s'occupant de questions qui présentent pour elle un intérêt direct.

4.2.2. Expansion of WMO Publication No. 8 TP 3 to Include Hydrological Meteorology

The Commission noted with interest

4.2.2. Insertion d'un chapitre sur la météorologie hydrologique dans la publication OMM N° 8 TP 3

La Commission a pris note avec intérêt

the proposed list of contents of Chapter 15 of the Guide to International Meteorological Instruments and Observing Practice prepared by the CIMO Working Group on Hydrometeorological Instruments. The Commission agreed that all the elements proposed by the CIMO Working Group should be included. It was further recommended that the existing Chapter 7 on «Measurement of Precipitation and Evaporation» should be considerably expanded and should then be divided into three separate chapters on precipitation, evaporation and snow. In the chapter on precipitation guidance should be given on the use of radar for estimating the amount of precipitation over an area.

In view of the great interest of CHM in the methods of observation of the elements of the hydrologic cycle, it was felt that members of CHM should have an opportunity of commenting on any new material on these elements prior to its publication in the Guide and also of preparing new material. The President of CHM was requested to keep close contact on these matters with the President of CIMO and to inform the members of CHM of any development of importance to the Commission. It was further decided to establish a Working Group on Instruments and Methods of Observation with the terms of reference laid down in Resolution 4.2.2/1.

4.3. *United Nations and Specialized Agencies*

The Commission reviewed the present arrangements whereby WMO is collaborating with the United Nations and with other Specialized Agencies in water resource development projects in accordance with the policy laid down in Resolution 19 (Cg-III). The historical background to this work was described by the Representatives of the United Nations and the World Health Organization; the Representative of the IUGG expressed regret that it had been found necessary to divide the responsibilities

du plan provisoire du Chapitre 15 du Guide des pratiques internationales concernant les instruments et les observations météorologiques préparée par le Groupe de travail des instruments hydrométéorologiques de la CIMO. La Commission a estimé qu'il convenait d'y inclure tous les éléments proposés par le Groupe de travail de la CIMO. La Commission a recommandé en outre d'élargir de façon considérable et de diviser ensuite en trois chapitres séparés - précipitations, évaporation et neige - le présent Chapitre 7 intitulé «Mesure des précipitations et de l'évaporation». Dans le chapitre relatif aux précipitations, il conviendra de donner des directives sur l'utilisation du radar pour estimer le volume des précipitations dans une région.

Etant donné le grand intérêt que présente pour la CMH les méthodes d'observation des éléments du cycle hydrologique, la Commission a estimé que l'on devrait donner aux membres de la CMH la possibilité d'exprimer leurs commentaires sur toutes données nouvelles relatives à ces éléments avant leur publication dans le Guide et aussi de préparer des données nouvelles. En ce qui concerne ces besoins et autres besoins du même ordre, le président de la CMH a été prié de se tenir étroitement en rapport avec le président de la CIMO à ce sujet et d'informer les Membres de la CMH de tous faits qui présenteraient de l'importance pour la Commission. La Commission a décidé également d'établir un Groupe de travail des instruments et des méthodes d'observation dont le mandat est défini à la Résolution 4.2.2/1.

4.3. *Nations Unies et Institutions spécialisées*

La Commission a examiné les dispositions actuelles en vertu desquelles l'OMM collabore avec l'Organisation des Nations Unies et avec d'autres Institutions spécialisées à l'exécution de projets pour la mise en valeur des ressources hydrauliques, conformément aux principes énoncés dans la Résolution 19 (Cg-III). Les représentants des Nations Unies et de l'Organisation Mondiale de la Santé ont fait l'exposé historique de ces travaux; le représentant de l'UGGI a regretté qu'il ait été nécessaire de répartir les

for hydrology at the inter-governmental level between so many of the Specialized Agencies.

The Commission was of the opinion that the present status of the relations of WMO with the United Nations and with other Specialized Agencies sufficiently covered the intention of Resolution 19 (Cg-III) and that no specific action was necessary.

4.4. *International Association of Scientific Hydrology*

The Commission noted with approval the existing collaboration between WMO and IASH and considered that this collaboration should continue in future on as close a basis as possible; this would be in accordance with Resolution 19 (Cg-III). On research questions of common interest it was felt that IASH should have primary responsibility and that WMO should be represented on the relevant IASH committees. On practical questions of common interest which fall within the competence of CHM, and which involve discussions and action at an inter-governmental level, the Commission felt that WMO should have the primary responsibility and that IASH should be invited to be represented on any relevant WMO working groups.

It was further decided in principle that WMO and IASH could, with advantage, organize joint symposia, and the details of this possibility were discussed under Agenda Item 5.3. Reference is also made to the decision taken under Agenda Item 3.1. with regard to the International Bibliography on Hydrology.

5. GENERAL QUESTIONS

5.1. *Drafting of Technical Regulations for Hydrological Meteorology*

It was felt that it would be premature to

responsabilités en matière d'hydrologie, l'échelon inter-gouvernemental, entre un grand nombre d'Institutions spécialisées.

La Commission a exprimé l'avis que l'état actuel des rapports de l'OMM avec l'Organisation des Nations Unies et avec d'autres Institutions spécialisées répondait à l'esprit de la Résolution 19 (Cg-III) qu'aucune mesure particulière ne s'avère nécessaire.

4.4. *Association internationale d'hydrologie scientifique*

La Commission s'est félicité de la collaboration existant entre l'OMM et l'AIHS. Elle a estimé que ces deux organismes devraient continuer à collaborer à l'avenir aussi étroitement que possible; ceci serait conforme à la Résolution 19 (Cg-III). Pour les questions qui relèvent du domaine de recherche et présentent un intérêt commun, la Commission a estimé que l'AIHS devrait assumer la responsabilité principale et que l'OMM devrait être représentée au sein des comités de l'AIHS chargés de ces questions. Pour les questions d'ordre pratique qui présentent un intérêt commun et relèvent de la compétence de la CMH, et qui nécessitent que des discussions aient lieu et que des mesures soient prises à l'échelon inter-gouvernemental, la Commission a estimé que l'OMM devrait avoir la responsabilité principale et que l'AIHS devrait être invitée à se faire représenter au sein de tous groupes de travail de l'OMM chargés de ces questions.

Il a d'autre part été décidé en principe qu'il y aurait avantage à ce que l'OMM et l'AIHS organisent des colloques conjoints. Les détails de cette possibilité ont été examinés lors des débats sur le point 5.3 de l'Ordre du jour. Il est également fait mention de la décision prise à la suite de la discussion du point 3.1 de l'Ordre du jour concernant la Bibliographie internationale sur l'hydrologie.

5. QUESTIONS GÉNÉRALES

5.1. *Elaboration de dispositions concernant la météorologie hydrologique pour le Règlement technique*

On a estimé qu'il ne serait guère opportun

tempt to draft any Technical Regulations on hydrological meteorology during the present Session when the Commission was still in the early developmental stages of its programme. It was believed that most of the technical procedures recommended by the Commission should at present be in the nature of guidance material. The Working Group on the Guide on Hydrological Meteorology (see Resolution 5.2/2) was requested to consider whether any of the items to be dealt with in the Guide ought to be included in the Technical Regulations and, if so, to submit drafts of these Regulations to the second session of the Commission.

5.2. *Preparation of International Guide on Hydrological Meteorology*

The Commission considered that one of its most important tasks was to prepare a Guide on Hydrological Meteorology. A provisional list of contents of the Guide is given in ANNEX I to this report.

The Commission hoped that it would be possible to complete the Guide in time for consideration at its next session. For this reason the working groups charged with the preparation of individual sections and chapters were requested to complete this work by the end of 1963 and the President was requested to endeavour to arrange for a session of the Working Group on the Guide on Hydrological Meteorology early in 1964. It was agreed that the draft chapters should be circulated to members of the Commission for comment as they became available.

Under this item the Commission also discussed the need for work on hydrological design (see Agenda Item 3.12) and it was decided in Resolution 5.2/1 that the Working Group on Hydrological Design should prepare a Technical Note on the general aspects of this question in addition to the section for the Guide on applications to water resource development. It was felt that further Technical Notes dealing with specific aspects of

d'élaborer des dispositions concernant la météorologie hydrologique pour le Règlement technique au cours de la présente session, alors que la Commission en est encore au premier stade de mise au point de son programme. La Commission a estimé que la plupart des méthodes techniques qu'elle recommande devraient être actuellement présentées sous forme de conseils. Le Groupe de travail du Guide des pratiques de météorologie hydrologique (voir Résolution 5.2/2) a été prié d'étudier la question de savoir si certains des points dont il sera traité dans le Guide devraient être compris dans les Règlements techniques et, dans l'affirmative, de présenter à la Deuxième session de la Commission un projet concernant ces Règlements.

5.2. *Préparation d'un Guide international de météorologie hydrologique*

La Commission a estimé que l'une de ses tâches les plus importantes était de préparer un Guide de météorologie hydrologique. Un plan provisoire de ce Guide figure à l'Annexe I au présent rapport.

La Commission espère qu'il sera possible de compléter le Guide à temps pour qu'il puisse être soumis à l'examen de la prochaine session. C'est pourquoi les groupes de travail chargés de la préparation des sections et chapitres respectifs ont été priés de terminer ce travail avant la fin de 1963 et la Commission a invité le Président à s'efforcer d'organiser une session du Groupe de travail du Guide de météorologie hydrologique au début de 1964. Il a été convenu qu'au fur et à mesure qu'ils seront prêts, les projets de chapitre devront être communiqués aux Membres de la Commission aux fins de commentaires.

Dans le cadre de ce point, la Commission a également examiné la nécessité de travailler à l'hydraulique (voir Point 3.12 de l'Ordre du jour) et il a été décidé à la Résolution 5.2/1 que le Groupe de travail de l'Hydraulique devra préparer une Note technique sur les aspects généraux de cette question, en supplément de la section du Guide relative aux applications de la météorologie hydrologique à la mise en valeur des ressources hydrauliques. La Commission a estimé que d'autres Notes techniques traitant des aspects

hydrological design would also be very valuable and the Working Group was requested to suggest subjects which might usefully be dealt with in these Notes.

5.3. International Seminars and Symposia

The Commission noted that WMO had already organized several scientific symposia and training seminars of interest to hydrological meteorology, and it was agreed that continued activities on these lines would help to further the aims of the Commission. In this work, WMO should collaborate with other international organizations and especially with the IASH (see Agenda Item 4.4); the WMO programme of symposia in hydrological meteorology should be closely coordinated with the IASH programme.

The Commission recommended that WMO should organize symposia on the following subjects, listed in order of priority:

Networks for Hydrological Meteorology (see Agenda Item 3.2)

Hydrological Forecasting (see Agenda Item 3.1)

Evaporation Measurements and Control (in collaboration with CIMO: see Agenda Item 3.11)

Quantitative Prediction of Precipitation

The main reason for assigning the highest priority to the symposium on the design of networks for hydrological meteorology was that this was considered to be the most important subject from the point of view of the developing countries. It was thought to be of particular importance to bring hydrologists and meteorologists together. The result of the discussion during this symposium could also be of great value to the Working Group on Network Design.

The symposium on hydrological forecasting should cover the following subjects:

- a) Principles and theoretical factors:
 - Antecedent conditions
 - Relations of runoff to precipitation

spécifiques de l'hydraulique seraient également très utiles et a prié le Groupe de travail présenter des suggestions quant aux questions pouvant être utilement traitées dans ces Notes.

5.3. Cycles d'études et colloques internationaux

La Commission a noté que l'OMM déjà organisé plusieurs colloques scientifiques et stages de formation présentant un intérêt pour la météorologie hydrologique, et il a été convenu que la continuation de ce genre d'activités aiderait la Commission à atteindre les buts qu'elle s'est fixés. L'OMM devra pour ces travaux, collaborer avec les autres institutions internationales et spécialement avec l'AIHS (voir Point 4.4 de l'Ordre du jour); le programme de l'OMM en matière de colloques sur la météorologie hydrologique devrait être étroitement coordonné avec le programme de l'AIHS.

La Commission recommande que l'OMM mette sur pied des colloques portant sur les sujets suivants, cités par ordre de priorité:

Réseaux de météorologie hydrologique (voir Point 3.2 de l'Ordre du jour)

Prévision hydrologique (voir Point 3.1 de l'Ordre du jour)

Mesures et prévention de l'évaporation (en collaboration avec la CIMO; voir Point 3.11 de l'Ordre du jour)

Prévision quantitative des précipitations

La raison essentielle pour laquelle le colloque sur la planification des réseaux pour la météorologie hydrologique a reçu la priorité la plus urgente est que ce sujet a été reconnu comme étant le plus important du point de vue des pays en voie de développement. On a estimé qu'il était particulièrement important de rassembler les hydrologistes et les météorologistes afin qu'ils puissent entrer en contact les uns avec les autres. Le résultat des discussions qui auront lieu pendant ce colloque pourrait également s'avérer d'une grande valeur pour le Groupe de travail de la Planification des réseaux.

Le colloque sur la prévision hydrologique devrait porter sur les sujets suivants:

- a) Principes et facteurs théoriques:
 - conditions antécédentes
 - rapport du ruissellement aux précipitations

- b) Practical techniques:
 - Correlation techniques
 - Machine methods
- c) Verification of hydrological forecasts
- d) Design storms:
 - Flood movement in rivers

It was hoped that it would be possible to organize one of these symposia jointly with the IASH during the week preceding the next General Assembly of the IUGG (Berkeley, 1963).

The Commission recommended that WMO training seminars should be organized on the following subjects, listed in order of priority:

Hydrological Forecasting (see Item 3.1)

Avalanche Forecasting (see Item 3.6)

At least one seminar should be held each year and should have a duration of approximately one month.

The Commission noted that plans were being made for a WMO symposium on tropical meteorology in 1962, and suggested that those responsible for selecting the topics to be discussed might consider the inclusion of one or more of the following: Application of hydrological meteorology to

water resource development
Measurement of evaporation in arid regions
Quantitative prediction of precipitation
Instrumentation and exposure of instruments

4. Establishment of Working Groups

The following working groups were established to carry out the programme of the Commission between the first and second session:

1. Working Group on Hydrological Forecasting
2. Working Group on Network Design
3. Working Group on Publication and Exchange of Data for Hydrological Meteorology
4. Working Group on Terminology

- b) Techniques pratiques :
 - techniques de corrélation
 - méthodes mécaniques
- c) Vérification des prévisions hydrologiques
- d) Averses servant au calcul :
 - mouvements de crue dans les cours d'eau.

On a exprimé l'espoir qu'il sera possible d'organiser un de ces colloques en collaboration avec l'AIHS pendant la semaine précédant la prochaine Assemblée générale de l'UGGI (Berkeley, 1963).

La Commission a recommandé que l'OMM organise des stages de formation sur les sujets suivants, énumérés par ordre de priorité :

Prévision hydrologique (voir Point 3.1 de l'Ordre du jour)

Prévision d'avalanches de neige (voir Point 3.6 de l'Ordre du jour).

Un cycle d'études au moins devrait être organisé chaque année et durer environ un mois.

La Commission a pris note du fait que des plans étaient en voie d'élaboration pour un colloque de l'OMM sur la météorologie tropicale devant avoir lieu en 1962, et a suggéré que les personnes chargées du choix des questions qui seront débattues au cours de ce colloque pourraient utilement envisager l'inclusion de l'un ou de plusieurs des sujets suivants :

Application de la météorologie à la mise en valeur des ressources hydrauliques
Mesure de l'évaporation dans les régions arides

Prévision quantitative des précipitations
Les instruments et leur utilisation pratique.

5.4. Etablissement de groupes de travail

La Commission a créé les groupes de travail suivants, chargés de mettre en œuvre le programme de la Commission entre la première et la deuxième session :

- 3.1. Groupe de travail de la prévision hydrologique
- 3.2. Groupe de travail des réseaux hydrométéorologiques
- 3.3. Groupe de travail de la publication et de l'échange des données météorologiques utilisées en hydrologie

4.2.2. Working Group on Instruments and Methods of Observation

5.2. Working Group on Guide on Hydrological Meteorology

5.2. Working Group on Hydrological Design

In each case the chairman of the working group was designated by the Commission and as far as possible the individual members were also nominated.

5.5. Election of Officers

Mr. Max. A. Kohler was re-elected President, and Professor L. J. Tison was elected Vice-President.

5.6. Date and Place of the Second Session

Since no invitations were presented at the Session, the Commission agreed that the date and place of its second session, which would normally take place in about 4 years' time, should be decided by the President after consultation with the Secretary-General.

5.7. Clarification of the Terms of Reference of the Commission

This item was placed on the agenda because opinions on the scope of the activities of the Commission differed widely. There was a group of delegates who took the view that questions related to river stages and flow, lake level, lake and river ice, glaciers, sediment transportation, flow of springs, water temperature and water quality, fell within the terms of reference of the Commission. There was, on the other hand, a group of delegates which felt that such questions were beyond the scope of activity of the Commission.

The Commission agreed that the terms of reference laid down by 3d Congress were not clear, but it decided that it would be unwise at this early stage to define all its long-term tasks too precisely.

It was decided to concentrate its activities in the forthcoming period, until its next session, on problems of a meteorological

3.8. Groupe de travail de la terminologie

4.2.2. Groupe de travail des instruments et méthodes d'observation

5.2. Groupe de travail du Guide de météorologie hydrologique

5.2. Groupe de travail de l'hydraulique

Dans chaque cas, la Commission a désigné le Président du groupe de travail ainsi que, dans la mesure du possible, les différents membres du groupe.

5.5. Election du Bureau

M.M. A. Kohler a été réélu Président et le Professeur L. J. Tison a été élu Vice-Président.

5.6. Date et lieu de la deuxième session

Etant donné qu'aucune invitation n'avait été présentée au cours de la Session, la Commission a décidé que la date et le lieu de sa deuxième session, qui doit normalement avoir lieu dans quatre ans environ, seront fixés par le Président, après avoir pris l'avis du Secrétaire général.

5.7. Définition des attributions de la Commission (Point 5.7 de l'Ordre du jour)

Cette question a été mise à l'Ordre du jour parce que les avis diffèrent beaucoup quant à l'étendue des activités de la Commission. Un certain nombre de délégués ont adopté le point de vue selon lequel les questions afférentes au niveau et au débit des cours d'eau, au niveau des lacs, aux glaces des lacs et des cours d'eau, aux glaciers, aux mouvements des sédiments, à l'écoulement des sources, à la température et à la qualité de l'eau, relèvent des attributions de la Commission. D'autres délégués ont par contre estimé que ces questions outrepassent la sphère d'activité de la Commission.

La Commission a convenu que le mandat stipulé par le Troisième Congrès n'est pas clair, mais elle a jugé qu'il serait prématuré de définir actuellement de façon trop précise toutes ses attributions à longue échéance.

Dans l'immédiat et jusqu'à la prochaine session, la Commission a décidé de concentrer ses activités sur des problèmes d'ordre météorologique tels que : chutes de pluie et

nature, such as rainfall and evaporation (evapotranspiration), and on related hydrological problems of surface water and the water balance, in particular in connection with short term and long term hydrological forecasting. It was agreed that for the time being studies of glaciers, sediment transportation, flow of springs and water quality should be excluded.

In so deciding, the Commission was aware of the responsibilities which WMO had accepted in the technical assistance programmes of the United Nations on water resources development, and also of the fact that many countries needed advice on the setting up of networks for the measurement of those meteorological and hydrological elements which are closely interrelated.

The Principal Delegate of the United Arab Republic wished to have recorded his objection to the decision of the Commission under Agenda Item 5.7.

5.8. *Action to be Taken on Decisions of the Session*

The Commission decided that the resolutions and recommendations adopted at the Session should all be submitted direct to the Executive Committee for consideration at its 13th session, May 1961.

5.9. *Participation in Meetings of the American Geophysical Union and the American Meteorological Society*

The American Geophysical Union held its 42nd annual meeting in Washington, D.C., from 18-21 April 1961. Participants at CHM-I were given an opportunity to attend some of the lectures given in the hydrology and meteorology sections.

5.10. *Exhibits*

An exhibit describing activities of U.S. Agencies in the field of water resources was on display during the entire Session of the Commission. Also, selected instruments used in the collection of basic hydrological and

évaporation (évapotranspiration), ainsi que sur les problèmes hydrologiques qui s'y rapportent, concernant l'eau de surface et le bilan hydrique, particulièrement dans le contexte de leur rôle sur la prévision hydrologique à court et à long terme. On a convenu qu'il faudrait exclure pour le moment les études des glaciers, les mouvements des sédiments, l'écoulement des sources et la qualité de l'eau.

En prenant cette décision, la Commission était consciente des responsabilités que l'OMM a acceptées dans le cadre des programmes d'assistance technique des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources hydrauliques, et consciente également de ce que bon nombre de pays ont besoin de directives pour l'établissement des réseaux de mesure de ces éléments météorologiques et hydrologiques qui sont étroitement liés.

Le délégué principal de la République arabe unie désire qu'il soit pris note du fait qu'il n'approuve pas la décision de la Commission au sujet du point 5.7 de l'Ordre du jour.

5.8. *Mesures à prendre relatives aux décisions de la Session*

La Commission a décidé que les résolutions et recommandations adoptées lors de la Session devraient toutes être directement soumises à l'examen du Comité exécutif lors de sa 13^{me} session, en mai 1961.

5.9. *Participation aux réunions de l'Union géophysique américaine et de la Société américaine de météorologie*

L'Union géophysique américaine a tenu sa 42^{me} réunion annuelle à Washington, D.C. du 18 au 21 avril 1961. Les participants de la CHM-I ont eu l'occasion d'assister à certaines des conférences portant sur l'hydrologie et la météorologie.

5.10. *Exposition*

Une exposition décrivant les activités des divers services du Gouvernement des Etats-Unis dans le domaine des ressources hydrauliques s'est tenue pendant toute la Session de la Commission. Certains appareils et instru-

meteorological data in the United States were displayed during a limited period of the meeting. The exhibit was organized by and under the direction of the Department of Commerce, Weather Bureau, with the following agencies participating:

Department of Agriculture
Agricultural Research Service
Forest Service
Soil Conservation Service

Department of the Army
Corps of Engineers

Department of Commerce
Bureau of Public Roads
Coast and Geodetic Survey
Weather Bureau

Department of Health, Education and Welfare
Public Health Service

Department of the Interior
Bureau of Reclamation
Geological Survey

5.11. Field Trip

A field trip was arranged for the participants during the week-end 15-16 April 1961. The tour included a visit of various installations of hydrological interest in the area of Harrisburg, Pennsylvania; such as Gettysburg, Weather Bureau Airport Station in Harrisburg, U.S. Geological Survey Digital Gauge, Radio River Gauge on the Susquehanna, and Hydro Plant at Safe Harbour.

Most of the delegates took part in the trip which was a great success.

5.12. Closure of the Session

In closing the Session, the President expressed warm appreciation to all who had contributed to the success of the Session, and in particular to the chairmen of the

ments utilisés aux Etats-Unis pour obtenir les données hydrologiques et météorologiques fondamentales ont également été exposés pendant une période limitée. Cette exposition était organisée par le Département de Commerce et l'Office météorologique avec le concours des organismes participants d'après :

Département de l'Agriculture
Service des recherches agricoles
Service forestier
Service de la conservation des sols

Département de l'Armée
Corps du Génie militaire

Département du Commerce
Service des voies publiques
Service des études côtières et géodésique
Office météorologique

Département de la Santé, de l'Education et de l'Assistance sociale
Service d'hygiène sociale

Département de l'Intérieur
Service de mise en valeur des terres
Service géologique

5.11. Voyage d'étude

Un voyage d'étude a été organisé à l'intention des participants pendant le week-end des 15-16 avril 1961. Le voyage a comporté la visite de différentes installations présentant un intérêt hydrologique dans la région de Harrisburg (Pennsylvanie), telles que Gettysburg, la station de l'Office météorologique à l'aéroport de Harrisburg, l'indicateur de niveau numérique du Service géologique des Etats-Unis, l'échelle fluviométrique radio de la Susquehanna, et l'usine hydroélectrique de Safe Harbour.

La plupart des délégués ont pris part à ce voyage qui a obtenu un grand succès.

5.12. Clôture de la Session

En prononçant la clôture de la Session, le Président a exprimé ses vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué au succès de la Session et notamment aux présidents des

working committees, Professor Bleeker and M. Clements.

comités de travail, le professeur Bleeker et M. Clements.

RESOLUTIONS ADOPTED BY THE SESSION

Resolution 3.1/2

RES. 1 (CHM-I)—WORKING GROUP ON HYDROLOGICAL FORECASTING

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting,

The terms of reference of CHM, which include *inter alia* «... the study and formulation of meteorological requirements for hydrology»;

Considering,

- 1) That the development of hydrological forecasting has great significance for various users;
- 2) That hydrological forecasting is still a state of development;
- 3) That a thorough study of this subject is necessary;

Decides,

- 1) To establish a Working Group on Hydrological Forecasting with the following terms of reference;
 - a) To study and formulate the meteorological services needed for purposes of short and long-term hydrological forecasting;
 - b) To prepare a report in a form suitable for publication as a Technical Note on the following lines:
 - (i) outlines of generally accepted procedures for hydrological forecasting,
 - (ii) summaries of types of meteorological information required for short and long-term hydrological forecasting, and
 - (iii) lists of basic references of common interest in hydrological forecasting;
 - c) To prepare recommendations on the development, improvement, and promotion of meteorological services to meet the needs of hydrological forecasting;
 - d) To prepare a chapter on hydrological forecasting for inclusion in the Guide to Hydrological Meteorology;

RÉSOLUTIONS ADOPTÉES PAR LA SESSION

Résolution 3.1/2

RES. 1 (CHM-I)—GROUPE DE TRAVAIL DE LA PRÉVISION HYDROLOGIQUE

La commission de Météorologie Hydrologique,

Prenant acte,

Des attributions de la CHM, lesquelles comprennent entre autres «... l'étude et l'expression des données météorologiques nécessaires à l'hydrologie»;

Considérant

- 1) Que le développement de la prévision hydrologique présente une grande importance pour les différents usagers;
- 2) Que la prévision hydrologique se trouve encore à un stade de développement;
- 3) Qu'une étude approfondie de cette question s'impose;

Décide,

- 1) De créer un groupe de travail de la prévision hydrologique qui aura les attributions suivantes :
 - a) Etudier et définir l'assistance météorologique nécessaire à la prévision hydrologique à court et à long terme;
 - b) Préparer un rapport, d'une présentation convenant à la publication, en tant que Note technique, sur les bases suivantes :
 - (i) Résumés des méthodes de prévision hydrologique généralement acceptées;
 - (ii) Résumés des divers genres de renseignements météorologiques nécessaires à la prévision hydrologique à court terme et à long terme; et
 - (iii) Listes d'ouvrages de références de base ayant un intérêt général en matière de prévision hydrologique.
 - c) Préparer des recommandations sur la mise au point, l'amélioration et le développement de l'assistance météorologique propre à satisfaire les besoins de la prévision hydrologique.

2) To invite the following individuals to serve on the Working Group:

Eugeni G. Popov (chairman)
D. N. Body
W. Eschweiler
Tor Nordenson

An expert to be designated by IASH

3) To request the Working Group to submit the draft chapter of the Guide before the end of 1963 and its final report with recommendations not later than six months before the next session of the Commission.

Resolution 3.2/1

Res. 2 (CHM-I)—WORKING GROUP ON NETWORK DESIGN

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting,
WMO Technical Notes No. 25 and 26.

Considering,

1) That although the need for continued investigation of network design is well established, practical guidance material could now be prepared;

2) That such material would assist in defining adequate and reasonable minimum networks;

3) That the issuance of such material by WMO would tend to promote improved networks where existing facilities are inadequate;

Decides,

1) To set up a Working Group on Design of Network for Hydrological Meteorology with the following terms of reference:

a) To prepare guidance material on network design and on the evaluation of the adequacy of existing networks;

b) To collect information on existing networks, necessary for the fulfilment of the above task;

c) To assume responsibility for drafting

d) Préparer un chapitre sur la prévision hydrologique en vue de son insertion dans le Guide de météorologie hydrologique.

2) D'inviter les personnes suivantes à faire partie du Groupe de travail :

Eugeni G. Popov (Président)

D. N. Body

W. Eschweiler

Tor Nordenson

Un expert qui sera désigné par l'AIH

3) De prier le Groupe de travail de charger de la rédaction d'un chapitre pour le Guide avant la fin de 1963 et de présenter son rapport définitif et ses recommandations au moins six mois avant la prochaine session de la Commission.

Résolution 3.2/1

Res. 2 (CHM-I)—GROUPE DE TRAVAIL SUR PLANIFICATION DES RÉSEAUX

La commission de Météorologie Hydrologique

Prenant note,
Des Notes techniques No 25 et 26 de l'OMM.

Considérant,

1) Qu'en dépit de la nécessité indiscutable de poursuivre les investigations sur la planification des réseaux, il est possible de préparer dès maintenant les directives pratiques;

2) Que ces directives contribueraient à définir des critères adéquats et rationnels des réseaux minimaux;

3) Que la publication de ces directives par l'OMM contribuerait à réaliser une amélioration des réseaux là où les installations existantes sont insuffisantes;

Décide,

1) De créer un Groupe de travail sur la planification des réseaux avec les attributions suivantes :

a) Préparer des directives sur la planification des réseaux et les moyens de déterminer si les réseaux existants donnent satisfaction;

b) Recueillir tous renseignements sur les réseaux existants pouvant être nécessaires pour effectuer les travaux mentionnés ci-dessus;

c) Se charger de la rédaction du chapitre

chapter on network design for the Guide Hydrological Meteorology.

2) To invite the following individuals serve on the Working Group:

J. Rodier (chairman)
Martin Jacobs
Walter B. Langbein
Valeryan Andreevich Uryvaev

An expert to be designated by the Netherlands

An expert to be designated by IASH

3) To request the Working Group to submit the draft chapter of the Guide before the end of 1963 and its final report to the President of CHM not later than 6 months before the next session of the Commission.

Resolution 3.3/1

RES. 3 (CHM-I)—WORKING GROUP ON PUBLICATION AND EXCHANGE OF DATA FOR HYDROLOGICAL METEOROLOGY

The commission for Hydrological Meteorology,

Considering,

1) That a large amount of potentially useful meteorological data is not published and may not be readily available to hydrologists;

2) The desirability to determine which meteorological data in published form are required by hydrologists;

3) The need for guidance material on collection, processing and publication of data for hydrological meteorology;

sur la planification des réseaux destiné au Guide de météorologie hydrologique;

2) D'inviter les personnes suivantes à faire partie du Groupe de travail :

J. Rodier (Président)
Martin Jacobs
Walter B. Langbein
Valeryan Andreevich Uryvaev

Un expert qui sera désigné par les Pays-Bas

Un expert qui sera désigné par l'AIHS.

3) D'inviter le Groupe de travail à soumettre un projet de chapitre pour le Guide avant la fin de 1963 et son rapport définitif au Président de la CMH au moins six mois avant la prochaine Session de la Commission.

Résolution 3.3/1

RES. 3 (CHM-I) — GROUPE DE TRAVAIL DE LA PUBLICATION ET DE L'ÉCHANGE DES DONNÉES POUR LA MÉTÉOROLOGIE HYDROLOGIQUE

La commission de Météorologie Hydrologique,

Considérant,

1) Qu'une grande partie des données météorologiques qui pourraient être éventuellement utiles ne sont pas publiées et ne sont peut-être pas facilement accessibles aux hydrologistes;

2) Qu'il conviendrait de déterminer quelles sont les données météorologiques déjà publiées dont ont besoin les hydrologistes;

3) Qu'il existe un besoin de principes directeurs en matière de collecte, de dépouillement et de publication de données pour la météorologie hydrologique;

Decides,

1) To establish a Working Group on Publication and Exchange of Data for Hydrological Meteorology with the following terms of reference:

a) To study meteorological data for the purpose of determining which data in published form are of interest to hydrologists;

b) To examine to what extent such data are included in meteorological publications, such as yearbooks, monthly bulletins, etc.;

c) To prepare a chapter on «Collection, Processing and Publication of Data» for inclusion in the Guide to Hydrological Meteorology;

2) To invite the following individuals to serve on the Working Group:

James P. Bruce (chairman)

V. Figuera

Z. Kajetanowicz

An expert to be designated by the United Kingdom

An expert to be designated by IASH

3) To request the Working Group to submit the draft chapter for the Guide before the end of 1963 and its final report of their findings, with recommendations, to the President of CHM not later than six months before the next session of the Commission.

Resolution 3.3/2

Res. 4 (CHM-I)—TRANSMISSION OF PRECIPITATION DATA

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting that Regional Association IV and some countries in other Regions have arranged for transmission of precipitation data at sixhourly intervals from all synoptic land stations;

Considering,

1) That the exchange of six-hourly precipitation data for other parts of the world would be extremely useful for various hydrological purposes;

Décide,

1) De créer un Groupe de travail de publication et de l'échange des données pour la météorologie hydrologique, Groupe qui aura les attributions ci-après :

a) Etudier les données météorologiques dans le but de déterminer, parmi celles qui ont été publiées, celles qui présentent l'utilité pour les hydrologistes;

b) Examiner dans quelle mesure ces données figurent dans les publications météorologiques, telles que publications annuelles, bulletins mensuels, etc.;

c) De préparer un chapitre intitulé «Collecte, dépouillement et publication de données» à insérer dans le Guide de météorologie hydrologique.

2) D'inviter les personnes suivantes à faire partie du Groupe de travail :

James P. Bruce (Président)

V. Figuera

Z. Kajetanowicz

Un expert qui sera désigné par le Royaume-Uni

Un expert qui sera désigné par l'AIHM

3) De prier le Groupe de travail de soumettre un projet de chapitre pour le Guide avant la fin de 1963, et son rapport définitif et ses recommandations, au Président de la CMH au moins dix mois avant la prochaine Session de la Commission.

Résolution 3.3/2

Res. 4 (CHM-I) — TRANSMISSION DES DONNÉES RELATIVES AUX PRÉCIPITATIONS

La commission de Météorologie Hydrologique

Constatant,

que l'Association régionale IV et certains pays d'autres régions ont pris les dispositions nécessaires pour que les données relatives aux précipitations soient transmises toutes les six heures par toutes les stations terrestres d'observation synoptique.

Considérant,

1) que l'échange, toutes les six heures, des données relatives aux précipitations d'autres parties du monde serait extrêmement utile en hydrologie pour la réalisation de divers objectifs,

2) That other information for hydrological purposes could be included in synoptic reports which do not contain maximum and minimum temperature;

Decides,

To request the President of CHM to invite the Commission for Synoptic Meteorology to investigate the practicability of introducing, on a regional basis;

a) Exchanges of precipitation data, at six-hourly intervals, from synoptic land stations;

b) Substitution of Rts (time at which precipitation given by RR began or ended, depth of snow) for *jj* in the code for those two reports each day that do not include maximum and minimum temperature.

Resolution 3.8/2

Res. 5 (CHM-I)—WORKING GROUP ON TERMINOLOGY

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting Recommendation 3.8/1; and

Considering that Unesco has an overall responsibility in questions relating to scientific terminology;

Decides,

1) To set up a Working Group on Terminology with the following terms of reference:

a) To prepare a revised section 551.579 for the International Meteorological Vocabulary;

b) To consider whether any changes are desirable in the content of section 551.579 of the Universal Decimal Classification;

2) To invite the following individuals to serve on the Working Group:

Wilhelm Friedrich (chairman)

Armando Michelangeli

L. J. Tison

An expert to be designated by the Union of Soviet Socialist Republics

2) que d'autres renseignements intéressant l'hydrologie pourraient être inclus dans les rapports synoptiques qui ne renferment pas d'indications de température maxima et minima,

Décide,

de prier le Président de la CMH d'inviter la Commission de météorologie synoptique à étudier les possibilités pratiques, à l'échelon régional :

a) d'établir un système selon lequel les stations terrestres d'observation synoptique échangeraient, toutes les six heures, des données relatives aux précipitations;

b) de remplacer le symbole *jj* par *Rts* (Heure du commencement ou de la fin de la précipitation, épaisseur de la couche de neige) dans les deux messages chiffrés quotidiens qui ne comprennent pas les températures maximale et minimale.

Résolution 3.8/2

Res. 5 (CHM-I) — GROUPE DE TRAVAIL DE LA TERMINOLOGIE

La commission de Météorologie Hydrologique,

Ayant pris note,

De la Recommandation 3.8/1; et

Considérant,

Que l'UNESCO a la responsabilité générale des questions se rapportant à la terminologie scientifique;

Décide,

1) D'établir un Groupe de travail de la terminologie dont les attributions seront les suivantes :

a) Préparer une révision de la section 551.579 pour le Vocabulaire météorologique international;

b) Examiner s'il convient d'apporter des modifications au contenu de la section 551.579 de la Classification décimale universelle;

2) D'inviter les personnes suivantes à faire partie de ce Groupe de travail :

Wilhelm Friedrich (Président)

Armando Michelangeli

I. J. Tison

Un expert qui sera désigné par l'Union des Républiques Socialistes Soviétiques

An expert to be designated by the United Kingdom

An expert to be designated by IASH

3) To request the Working Group to submit the following reports to the President of the Commission:

a) A list of the terms commonly used in hydrological meteorology, together with definitions and the equivalent terms in the four official languages of WMO, by 1 July 1962;

b) A complete revised section 551.579 of the International Meteorological Vocabulary by 31 December 1962;

c) Suggestions regarding the content of section 551.579 of the Universal Decimal Classification by 31 December 1962;.

4) To invite the Secretary-General to consult the Working Group as required on any questions relating to terminology in hydrological meteorology which may arise from *Unesco*; and

Authorizes the President of the Commission to approve reports (a) and (b) on behalf of the Commission and to forward them to the Secretary-General for appropriate action.

Resolution 3.10/1

Res. 6 (CHM-I)—ACCURACY OF MEASUREMENTS AS REQUIRED FOR HYDROLOGICAL METEOROLOGY

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting,

- 1) Paragraph 5.8.1.7 of the Abridged Report of Cg-III;
- 2) Resolution 9 (CCI-III); and

Considering,

- 1) That the accuracy required in measurements for hydrological meteorology varies according to the purpose for which the measurements will be used;
- 2) That it is not always possible to know in advance for what purpose any particular measurement will be used;

Un expert qui sera désigné par le Royaume-Uni

Un expert qui sera désigné par l'AIH

3) De prier le Groupe de travail de soumettre au Président de la Commission les rapports suivants :

a) Une liste des termes généralement utilisés en météorologie hydrologique avec leurs définitions et les termes équivalents dans les quatre langues officielles de l'OMM, et ce, avant le 1^{er} juillet 1962;

b) Une révision complète de la section 551.579 du Vocabulaire météorologique international, et ce, avant le 31 décembre 1962;

c) Des suggestions concernant le contenu de la section 551.579 de la classification décimale universelle, et ce, avant le 31 décembre 1962;

4) D'inviter le Secrétaire général à consulter, selon les besoins, le Groupe de travail sur toutes questions relatives à la terminologie de la météorologie hydrologique pouvant provenir de l'UNESCO; et

Autorise

Le Président de la Commission à approuver, au nom de la Commission, les rapports a) et b) et de les transmettre au Secrétaire général pour qu'il prenne les mesures appropriées.

Résolution 3.10/1

Res. 6 (CHM-I) — PRÉCISION DES MESURES REQUISE EN MÉTÉOROLOGIE HYDROLOGIQUE

La commission de Météorologie Hydrologique

Prenant acte,

- 1) Du paragraphe 5.8.1.7 du Rapport abrégé de la troisième session du Congrès
- 2) De la Résolution 9 (CCI-III); et

Considérant,

1) que la précision requise des mesures de météorologie hydrologique varie selon les fins auxquelles elles seront utilisées;

2) qu'il n'est pas toujours possible de prévoir à quelles fins une mesure donnée sera utilisée;

Decides,

1) That the accuracies specified in the Annex to Resolution 9 (CXI-III) for the elements used in hydrological meteorology should be aimed at;

2) That the accuracy of measurement of certain additional elements should be as set out in the Annex to the present resolution;

3) That the above statement regarding accuracy requirements should have the status of guidance material only; and

Requests the President of CHM to convey the contents of this resolution to the President of CIMO for inclusion in the Guide to International Meteorological Instrument and Observing Practice.

Annex to Resolution 3.10/1

Res. 6 (CHM-I)—ACCURACY OF MEASUREMENTS AS REQUIRED FOR HYDROLOGICAL METEOROLOGY

Additional to the Annex to Resolution 9 (CXI-III))

<i>Element</i>	<i>Desired Accuracy</i>
Water temperature	Nearest 0.1 °C
Depth of snow	Nearest 1 cm
Specific gravity of snow	Nearest 0.01
Water equivalent of snow	As for precipitation
Soil moisture	1 percent of oven-dry weight
River and lake level	Nearest 3 mm
Stream discharge	Nearest 2 percent

Notes:

a) For some purposes in hydrological meteorology a lower degree of accuracy would be adequate, but as measurements may be used for purposes not foreseen at the time they are made, the accuracies laid down above and in the Annex to Resolution (CCI-III) should be aimed at.

Décide,

1) que les normes de précision stipulées dans l'Annexe à la Résolution 9 (CCI-III) pour les éléments utilisés en météorologie hydrologique, devraient constituer l'objectif à réaliser;

2) que le degré de précision de la mesure de certains autres éléments devrait être conforme aux valeurs stipulées à l'Annexe de la présente résolution;

3) que la déclaration ci-dessus relative aux normes de précision devrait tenir lieu de directive seulement; et

Prie,

le Président de la Commission de météorologie hydrologique de transmettre le texte de la présente résolution au Président de la CIMO pour insertion dans le Guide des méthodes internationales concernant les instruments et les observations météorologiques.

Annexe à la Résolution 3.10/1

Res. 6 (CHM-I) — PRÉCISION DES MESURES REQUISE EN MÉTÉOROLOGIE HYDROLOGIQUE

(Additif à l'Annexe de la Résolution 9 (CCI-III))

<i>Élément</i>	<i>Précision recherchée</i>
Température de l'eau	à 0,1 °C près
Épaisseur de la couche de neige	à 1 cm près
Poids spécifique de la neige	à 0,01 près
Équivalent en eau de la neige	comme pour les précipitations
Humidité du sol	1 pour cent du poids de l'échantillon séché à l'étuve
Niveau des cours d'eau et des lacs	à 3 mm près
Débit des cours d'eau	à 2 % près

Notes,

a) Dans certaines circonstances en météorologie hydrologique, un moindre degré de précision pourrait suffire, mais comme les mesures peuvent être utilisées ultérieurement à des fins imprévues au moment où elles sont faites, les normes de précision énoncées

b) For studies of freezing of lakes and rivers, a higher accuracy of water temperature measurement may be needed when the water temperature is near to freezing point.

Resolution 4.2.2/1

Res. 7 (CHM-I)—WORKING GROUP ON INSTRUMENTS AND METHODS OF OBSERVATION

The commission for Hydrological Meteorology,

Considering,

1) The great importance for its work on having adequate guidance material on instruments and methods of observation used in hydrological meteorology;

2) The material which has already been published in the Guide to International Meteorological Instruments and Observing Practices and the plans of CIMO for improving this publication;

Decides,

1) To establish a Working Group on Instruments and Methods of Observation with the following terms of reference:

a) To review the Guide to International Meteorological Instruments and Observing Practices from the point of view of hydrological meteorology;

b) To consider the instruments and methods of observation required to meet the needs of hydrological meteorology and to draft amendments and additional material for the Guide to International Meteorological Instruments and Observing Practices with a view to insuring that these needs are adequately met;

c) To assume responsibility for drafting the chapter on Instruments and Observing Practices for inclusion in the Guide on Hydrological Meteorology.

2) To invite the following individuals to serve on the working group:

Roland W. Carter (chairman)

Jose M. Raffo del Campo

A. K. Proskuryakov

An expert to be designated by the United Kingdom

ci-dessus et dans l'Annexe de la Résolution (CCI-III) devraient être recherchées.

b) Dans l'étude du gel des lacs et des rivières, une haute précision peut être nécessaire pour la mesure de la température de l'eau lorsque cette dernière est proche du point de congélation.

Résolution 4.2.2/1

Res. 7 (CHM-I) — GROUPE DE TRAVAIL DES INSTRUMENTS ET MÉTHODES D'OBSERVATION

La commission de Météorologie Hydrologique,

Considérant,

1) La grande importance que représente pour ses travaux le fait de disposer de directives appropriées sur les instruments et méthodes d'observation utilisés en météorologie hydrologique;

2) Les données qui ont déjà été publiées dans le Guide des méthodes internationales concernant les instruments et les observations météorologiques, ainsi que les plans de la CIMO visant à améliorer cet ouvrage;

Décide,

1) De créer un groupe de travail des instruments et méthodes d'observation dont le mandat sera le suivant :

a) Réviser, du point de vue de la météorologie hydrologique, le Guide des méthodes internationales concernant les instruments et les observations météorologiques

b) Considérer les instruments et méthodes d'observation nécessaires pour répondre aux besoins de la météorologie hydrologique et préparer des amendements et des données supplémentaires pour le Guide des méthodes internationales concernant les instruments et les observations météorologiques, en s'assurant qu'il réponde ainsi à ces besoins;

c) Se charger de la rédaction du chapitre sur les instruments et les méthodes d'observation devant être incorporé dans le Guide de météorologie hydrologique.

2) D'inviter les personnes suivantes à faire partie du Groupe de travail :

Roland W. Carter (Président)

Jose M. Raffo del Campo

Proskuryakov

Un expert qui sera désigné par le Royaume-Uni

An expert to be designated by IASH
 An expert to be designated by CIMO
 3) To request the Working Group
 a) To submit its report to the President
 of CHM by 31 December 1963.
 b) To report at an earlier date on any
 matters on which more urgent action is
 considered to be desirable.

Resolution 5.2/1

Res. 8 (CHM-I)—WORKING GROUP ON
 HYDROLOGICAL DESIGN

The commission for Hydrological Meteorology,

Considering,

- 1) The importance of the application of hydrological meteorology to the design of hydraulic structures;
- 2) The need for improving and developing the methods used in this type of application;

Decides,

- 1) To establish a Working Group on Hydrological Design with the following terms of reference:

(i) to prepare a general report on the application of hydrological meteorology in the design of hydraulic structures—in a form suitable for publication as a WMO Technical Note;

(ii) to make suggestions on specific aspects of hydrological design which might be dealt with in more detail in separate WMO Technical Notes;

(iii) to draft the section on applications to water resource development for the Guide on Hydrological Meteorology;

- 2) To invite the following individuals to serve on the Working Group:

A. F. Rainbird (chairman)

Robert H. Clark

Julian Lambor

G. Remenieras

An expert to be designated by India

An expert to be designated by IASH

- 3) To request the Working Group to submit the following reports to the President of the Commission:

Un expert qui sera désigné par l'AIHS
 Un expert qui sera désigné par la CIMO
 3) D'inviter le Groupe de travail
 a) à présenter son rapport au Président de la CMH avant le 31 décembre 1963;
 b) à signaler dans l'intervalle toute question sur laquelle on estime souhaitable de prendre des mesures d'urgence.

Résolution 5.2/1

Res. 8 (CHM-I) — GROUPE DE TRAVAIL DE
 L'HYDRAULIQUE

La commission de Météorologie Hydrologique,

Considérant,

- 1) L'importance de l'application de la météorologie hydrologique à l'étude des ouvrages hydrauliques,
- 2) La nécessité d'améliorer et de perfectionner les méthodes utilisées dans ce type d'application,

Décide,

- 1) De créer un Groupe de travail de l'hydraulique avec les attributions suivantes :

(i) Préparer un rapport général sur les applications de la météorologie hydrologique aux ouvrages hydrauliques, de telle sorte qu'il puisse être publié en tant que Note technique de l'OMM;

(ii) Exprimer des suggestions sur des aspects précis de l'hydraulique qui pourraient être traités plus en détail dans des Notes techniques de l'OMM;

(iii) Rédiger, pour le Guide de météorologie hydrologique, le texte de la section relative aux applications de la météorologie hydrologique à la mise en valeur des ressources hydrauliques;

- 2) D'inviter les personnes suivantes à faire partie du Groupe de travail :

A. F. Rainbird (Président)

Robert H. Clark

Julian Lambor

G. Remenieras

Un expert qui sera désigné par l'Inde

Un expert qui sera désigné par l'AIHS

- 3) De prier le Groupe de travail de présenter les rapports suivants au Président de la Commission :

- a) The general report by 1 July 1963;
- b) The section for the Guide on Hydrological Meteorology by 31 December 1963;
- c) A final report six months before the next session of the Commission.

Resolution 5.2/2

Res. 9 (CHM-I)—WORKING GROUP ON GUIDE ON HYDROLOGICAL METEOROLOGY

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting,
Resolution 18 (Cg-II) and

Considering,
The urgent need for the preparation of a Guide on Hydrological Meteorology;

Decides,

1) To establish a Working Group on the Guide on Hydrological Meteorology with the following terms of reference:

(i) to draft the section of the Guide dealing with methods of analysis;

(ii) with the assistance of the Secretariat, to co-ordinate and integrate into the draft Guide the material provided by the working groups charged with the responsibility for preparation of different parts of the Guide;

2) To invite the following individuals to serve on the Working Group:

President, CHM (chairman)
James P. Bruce
Rolland W. Carter
Eugeni G. Popov
A. F. Rainbird
J. Rodier

3) To request the Working Group to submit the draft of the Guide to the President of the Commission at least six months before the next session of the Commission; and

Requests,

The President of the Commission to inform the Executive Committee of the importance attached by the Commission to holding a session of the Working Group early in 1964.

a) Le rapport général, sur l'hydraulique avant le 1er juillet 1963;

b) La section pour le Guide de météorologie hydrologique, au plus tard le 31 décembre 1963;

c) Un rapport final, six mois avant prochaine session de la Commission.

Résolution 5.2/2

Res. 9 (CHM-I) — GROUPE DE TRAVAIL DU GUIDE DE MÉTÉOROLOGIE HYDROLOGIQUE

La commission de Météorologie Hydrologique

Prenant note,
De la Résolution 18 (Cg-II); et

Considérant
La nécessité urgente de préparer un Guide de météorologie hydrologique;

Décide,

1) De créer un Groupe de travail du Guide de météorologie hydrologique avec les attributions suivantes :

(i) Rédiger le texte de la section du Guide traitant des méthodes d'analyse;

(ii) Coordonner et intégrer dans le projet du Guide, avec l'aide du Secrétariat, les éléments fournis par les groupes de travail chargés de la préparation des différentes parties de cet ouvrage.

2) D'inviter les personnes suivantes à faire partie du Groupe de travail :

le Président de la CMH (Président)
James P. Bruce
Rolland W. Carter
A. F. Rainbird
J. Rodier

3) De prier le Groupe de travail de présenter le projet de Guide au Président de la Commission, au plus tard six mois avant la prochaine session de la Commission; et

Prie,

Le Président de la Commission de porter à la connaissance du Comité exécutif l'importance que celle-ci attache à la convocation d'une session du Groupe de travail au début de 1964.

RECOMMENDATIONS ADOPTED BY THE SESSION

Recommendation 3.1/1

ec. 1 (CHM-I)—BIBLIOGRAPHY ON HYDRO-
LOGICAL FORECASTING

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting,

1) The existence of an international bibliography on hydrology, distributed by the International Association of Scientific Hydrology of IUGG;

2) That this bibliography does not contain all literature appearing in the field of hydrological meteorology; and

Considering the need for identifying in the above bibliography all papers referring to hydrological forecasting;

Recommends,

1) That Members of WMO who have not submitted national bibliographies on subjects relating to hydrological meteorology to the International Association of Scientific Hydrology be urged to do so in the future;

2) That the Secretary-General of WMO be directed to contact the Secretary-General of IASH to arrange for the identification of hydrological forecasting publications in the International Bibliography of Hydrology.

Recommendation 3.1/3

ec. 2 (CHM-I)—TRANSLATION OF VALUABLE PUBLICATIONS ON HYDROLOGICAL FORECASTING

The commission for Hydrological Meteorology,

Considering the need for making more generally available to research workers the knowledge obtained by some countries in the field of hydrological forecasting;

Recommends that the Secretary-General be requested:

RECOMMANDATIONS ADOPTÉES PAR LA SESSION

Recommandation 3.1/1

Rec. 1 (CHM-I) — BIBLIOGRAPHIE RELATIVE
A LA PRÉVISION HYDROLOGIQUE

La commission de Météorologie Hydrologique,

Constatant,

1) L'existence d'une bibliographie internationale relative à l'hydrologie, diffusée par l'Association internationale d'Hydrologie scientifique de l'UGGI;

2) Le fait que cette bibliographie ne contient pas tous les travaux publiés en matière de météorologie hydrologique; et

Considérant la nécessité d'indiquer clairement dans la bibliographie précitée tous les ouvrages ayant trait à la prévision hydrologique;

Recommande,

1) Que les membres de l'OMM, qui n'ont pas soumis à l'Association internationale d'Hydrologie scientifique des bibliographies nationales des sujets ayant trait à la météorologie hydrologique, soient invités à le faire, à l'avenir.

2) Que le Secrétaire général de l'OMM soit chargé de se mettre en rapport avec le Secrétaire général de l'AIHS de manière à prendre des dispositions en vue d'indiquer les publications traitant de prévision hydrologique qui figurent dans la bibliographie internationale relative à l'hydrologie.

Recommandation 3.1/3

Rec. 2 (CHM-I) — TRADUCTION DES TRAVAUX
AYANT UNE VALEUR EN MATIÈRE DE
PRÉVISION HYDROLOGIQUE

La commission de Meteorologie Hydrologique,

Considérant la nécessité de mettre plus généralement à la disposition des chercheurs les connaissances acquises par certains pays en matière de prévision hydrologique;

Recommande d'inviter le Secrétaire général.

1) To select, in consultation with the President of the Commission, some of the most important publications on hydrological forecasting, for which there is a substantial demand, for translation and publication in one of the official languages of the Organization;

2) To endeavour to obtain funds from the Expanded Programme of Technical Assistance or other sources for this purpose.

Recommendation 3.1/5

Rec. 3 (CHM-I)—RAPID EXCHANGE OF INFORMATION REQUIRED FOR HYDROLOGICAL FORECASTING ON INTERNATIONAL RIVERS

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting,

1) Resolution 19 (Cg-III);

2) The bilateral and multilateral arrangements which have been made for rapid exchange of hydrological information on an operational basis on river basins extending across the borders of several countries;

Considering,

1) The desirability for WMO to collaborate closely with existing international bodies, such as the Danube Commission, responsible for such arrangements;

2) The need for making available to interested Members information about existing arrangements for rapid exchange of data required for hydrological forecasting on international rivers;

Recommends that the Secretary-General be requested:

a) To establish close collaboration with international bodies, such as the Danube Commission, responsible for rapid exchange of hydrological information on international rivers;

b) To collect information on existing systems such as codes, times and frequency of observation for exchange of data required

1) A choisir, d'accord avec le Président de la Commission, certains des travaux les plus importants sur la prévision hydrologique pour lesquels il existe une demande importante, aux fins de traduction et publication dans l'une des langues officielles de l'Organisation.

2) De s'efforcer d'obtenir à cette fin des fonds, soit auprès du Programme élargi d'assistance technique, soit auprès d'autres sources.

Recommendation 3.1/5

Rec. 3 (CHM-I) — ECHANGE RAPIDE D'INFORMATIONS SUR LES COURS D'EAU INTERNATIONAUX POUR LES BESOINS DE LA PRÉVISION HYDROLOGIQUE

La commission de Météorologie Hydrologique,

Prenant acte,

1) De la Résolution 19 (Cg-III);

2) Des accords bilatéraux et multilatéraux qui ont été conclus en vue d'assurer l'échange rapide de renseignements hydrologiques d'ordre pratique en ce qui concerne les bassins hydrographiques qui s'étendent au-delà des frontières de plusieurs pays;

Considérant,

1) L'intérêt qu'a l'OMM de collaborer étroitement avec les organisations internationales existantes, telles que la Commission du Danube, qui sont chargées de l'exécution de ces accords;

2) La nécessité de fournir aux Membres intéressés tous renseignements utiles au sujet des accords en vigueur visant l'échange rapide de données sur les cours d'eau internationaux pour les besoins de la prévision hydrologique;

Recommande que le Secrétaire général soit invité :

a) A établir une collaboration étroite avec les organisations internationales, telles que la Commission du Danube, qui sont chargées de l'échange rapide des renseignements hydrologiques sur les cours d'eau internationaux;

b) A recueillir des renseignements sur les systèmes en vigueur relatifs aux codes,

or short term hydrological forecasting on international rivers;

c) To distribute this information to Members and Presidents of Regional Associations, in an appropriate form;

d) To present a report on this question to the next session of the Commission.

Recommendation 3.5/1

Rec. 4 (CHM-I)—CLIMATIC MAPS FOR HYDROLOGICAL PURPOSES

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting,

1) Resolution 30 (EC-IX);

2) Resolution 6 (CCL-III); and

Considering that the list of maps given in Annex 3 to Resolution 30 (EC-IX) is very useful but incomplete;

Recommends

1) That the maps listed in the Annex to the present recommendation be added to Annex 3 to Resolution 30 (EC-IX);

2) That the complete list be studied by Regional Associations with a view to determining which of the maps ought to be included in regional climatic atlases; and

Considering further that machinery for coordinating this work is provided by the Working Group on Climatic Atlases of the Commission for Climatology;

Recommends that arrangements be made for the Commission for Hydrological Meteorology to be represented on the Working Group on Climatic Atlases of the Commission for Climatology.

Annex to Recommendation 3.5/1

Rec. 4 (CHM-I)—SPECIAL CLIMATIC MAPS FOR HYDROLOGISTS

Precipitation

1. Mean annual precipitation for 30-year period (if definite seasonal variations exist,

aux dates et à la fréquence des observations concernant l'échange des données sur les cours d'eau internationaux pour les besoins de la prévision hydrologique;

c) A communiquer ces renseignements aux Membres et aux Présidents des Associations régionales sous une forme convenable;

d) A présenter un rapport sur cette question à la prochaine session de la Commission.

Recommandation 3.5/1

Rec. 4 (CHM-I) — CARTES CLIMATIQUES A DES FINS HYDROLOGIQUES

La commission de Météorologie Hydrologique,

Ayant pris note,

1) De la Résolution 30 (EC-IX),

2) De la Résolution 6 (CCL-III); et

Considérant que la liste des cartes figurant dans l'Annexe 3 à la Résolution 30 (EC-IX) est très utile mais incomplète,

Recommande,

1) D'ajouter à l'Annexe 3 à la Résolution 30 (EC-IX) les cartes citées dans l'Annexe à la présente recommandation;

2) D'inviter les Associations régionales à étudier la liste complète des cartes aux fins de déterminer celles qui devraient être incluses dans les atlas climatiques régionaux.

Considérant en outre que le Groupe de travail des atlas climatiques établi par la Commission de climatologie assure la coordination de ces travaux.

Recommande que des dispositions soient prises pour assurer la représentation de la Commission de météorologie hydrologique au sein du Groupe de travail des atlas climatiques de la Commission de climatologie.

Annexe à la Recommandation 3.5/1

Rec. 4 (CHM-I) — CARTES CLIMATIQUES SPÉCIALES A L'INTENTION DES HYDROLOGISTES

Précipitations

1. Précipitations annuelles moyennes pour une période de 30 ans (s'il existe des

then maps should be provided showing this variation). Monthly distribution for selected stations by bar chart on annual map should be included.

2. Variability of annual rainfall from year to year.

3. Maps showing details of depth-duration-frequency for point precipitation and a means for extending these data to provide data on areal precipitation (duration 5 minutes to 72 hours, frequency 2 years to 50 years).

4. Maps of frequency and duration of droughts.

5. There may be need for maps showing maximum snow accumulation and water equivalent.

Humidity

Mean monthly vapor-pressure or dew point (not relative humidity).

Evaporation

1. Mean annual evaporation from free water surface.

2. Variability of annual evaporation from year to year.

3. Mean annual actual evapotranspiration (precipitation minus runoff).

Temperature

Mean monthly water surface temperature.

Note: The above list is not exhaustive. In some countries there are undoubtedly needs for additional climatic maps for hydrological purposes.

Recommendation 3.7/1

Rec. 5 (CHM-I)—STUDY OF SEICHES

The commission for Hydrological Meteorology,

Considering,

1) That studies and forecasts of seiches on lakes and landlocked seas involve meteorological considerations; and

variations saisonnières marquées, on devra alors fournir des cartes qui montrent ces variations). La ventilation mensuelle pour certaines stations devrait être indiquée par un graphique sur la carte annuelle.

2. Variabilité, d'une année à l'autre, des chutes de pluie annuelles.

3. Cartes donnant des détails de hauteur-durée-fréquence pour les précipitations en un point donné et permettant d'extrapoler des données de façon à obtenir des renseignements sur les précipitations de toute une région (Durée de 5 minutes à 72 heures; fréquences de 2 à 50 ans).

4. Cartes de fréquence et de durée des sécheresses.

5. On pourra avoir besoin de cartes montrant la couche de neige maximum et l'équivalent en eau.

Humidité,

Moyennes mensuelles de la tension de vapeur ou du point de rosée (et non pas de l'humidité relative).

Evaporation,

1. Evaporation annuelle moyenne de surfaces d'eau libre.

2. Variabilité, d'une année à l'autre, de l'évaporation annuelle.

3. Moyenne annuelle effective de l'évapotranspiration (précipitations moins ruissellement).

Température,

Température mensuelle moyenne de l'eau en surface.

Note : La liste ci-dessus n'est pas complète ou limitative. Certains pays ont indubitablement besoin de cartes climatiques supplémentaires pour leurs travaux hydrologiques.

Recommendation 3.7/1

Rec. 5 (CHM-I) — ETUDE DES SEICHES

La commission de Météorologie Hydrologique,

Considérant,

1) Que l'étude et la prévision des seiches se produisant sur les lacs et les mers intérieures mettent en cause des considérations météorologiques, et

2) That it would be useful for many Members if information on this subject were made available;

Recommends,

1) That Members be requested to submit to the Secretary-General information on studies and existing methods of forecasting seiches;

2) That the Secretary-General be directed to prepare a report summarizing the information submitted and to make this report available to Members.

Recommendation 3.8/1

Rec. 6 (CHM-I)—INTERNATIONAL METEOROLOGICAL VOCABULARY

The commission for Hydrological Meteorology,

Having Examined the International Meteorological Vocabulary (Provisional Edition 1959); and

Considering,

1) That this publication does not meet the need for standardizing the terminology used in hydrological meteorology in that neither the terms included under section 551.579 nor the definitions of these terms are satisfactory;

2) That it would be impossible to prepare a satisfactory revised version of this section of the Vocabulary in time for inclusion in the next edition;

Recommends that section 551.579 and the definition of the term «hydrometeorology» appearing in the Vocabulary be omitted from the International Meteorological Vocabulary for the time being.

Recommendation 3.9.1/1

Rec. 7 (CHM-I)—RADAR OBSERVATIONS OF PRECIPITATION

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting,

1) Recommendation 8 (STM) on Radar

2) Que les renseignements sur ce sujet seraient extrêmement utiles à un grand nombre de Membres et qu'il conviendrait de les rendre accessibles;

Recommande,

1) De prier les Membres de communiquer au Secrétaire général les renseignements relatifs à l'étude et aux méthodes existantes de prévision des seiches.

2) De charger le Secrétaire général de préparer un rapport résumant les données ainsi communiquées et de le mettre à la disposition des Membres.

Recommandation 3.8/1

Rec. 6 (CHM-I) — VOCABULAIRE MÉTÉOROLOGIQUE INTERNATIONAL

La commission de Météorologie Hydrologique,

Ayant examiné le Vocabulaire météorologique international (Edition provisoire de 1959); et

Considérant,

1) Que cette publication ne répond pas au besoin de normalisation de la terminologie utilisée en météorologie hydrologique en ce sens que ni les termes figurant à la section 551.579, ni les définitions de ces termes ne sont satisfaisants;

2) Qu'il serait impossible de préparer une version révisée satisfaisante de cette section du Vocabulaire à temps pour pouvoir l'inclure dans la prochaine édition;

Recommande d'omettre pour le moment la section 551.579 et la définition du terme «hydrométéorologie» du Vocabulaire météorologique international.

Recommandation 3.9.1/1

Rec. 7 (CHM-I) — OBSERVATIONS DES PRÉCIPITATIONS PAR RADAR

La commission de Meteorologie Hydrologique,

Ayant pris note,

1) De la Recommandation 8 (SMT)

Observing Systems adopted by Symposium on Tropical Meteorology in Nairobi, December 1959;

2) Recommendation VIII—Value of Radar in studies of rainfall—adopted by the first Inter-African Conference on Hydrology, January 1961;

Considering the need for further investigations on the use of radar observations of precipitation for purposes of hydrological forecasting;

Recommends,

1) That Members be urged to carry out investigations on the use of and potentialities of radar observations of precipitation for the purposes of hydrological forecasting;

2) That the Secretary-General be directed to collect information from Members on application of radar to hydrology and to make the result of the inquiry available to Members before the second session of CHM.

Recommendation 3.9.2/1

Rec. 8 (CHM-I)—INFLUENCE OF LAND USE

The commission for Hydrological Meteorology,

Noting recommendation 11 (STM)—Influence of Land Use, adopted by the Symposium on Tropical Meteorology in Africa, December, 1959;

Considering that the problem of influence of land use on river regime and on water balance has great importance for development of the national economy of countries located not only in tropical but also in other climatic regions;

Recommends,

1) That Members be encouraged to undertake and continue meteorological and hydrological investigations on:

a) The effect and swamps on river regime and water balance;

b) The effect of changes in land use on river regime and water balance, both for small and large catchments;

sur les Systèmes d'observation par radar adoptée à Nairobi par le Colloque de l'Hydrologie tropicale en décembre 1959;

2) De la Recommandation VIII — valeur du radar pour l'étude des précipitations — adoptée par la première Conférence inter-africaine de l'hydrologie en janvier 1961;

Considérant la nécessité de procéder des investigations plus approfondies sur l'utilisation des observations des précipitations par radar aux fins de prévisions hydrologiques;

Recommande,

1) D'inviter d'urgence les Membres à effectuer des investigations sur l'utilisation et les possibilités des observations des précipitations par radar aux fins de prévisions hydrologiques;

2) De prier le Secrétaire général d'obtenir des Membres des renseignements sur l'application du radar à l'hydrologie et d'en mettre les résultats à leur disposition avant la deuxième Session de la CMH.

Recommandation 3.9.2/1

Rec. 8 (CHM-I) — INFLUENCE DE L'UTILISATION DU SOL

La commission de Météorologie Hydrologique

Prenant acte de la Recommandation 11 (STM) — Influence de l'utilisation du sol — adoptée par le Colloque sur la météorologie tropicale en Afrique en décembre 1959;

Considérant que le problème de l'influence de l'utilisation du sol sur le régime des cours d'eau et sur le bilan hydrique présente une importance capitale en matière de développement de l'économie nationale des pays situés non seulement dans les régions tropicales mais encore dans d'autres régions climatiques;

Recommande,

1) D'encourager les membres à entreprendre et poursuivre des recherches météorologiques et hydrologiques sur :

a) l'influence des forêts et des marécages sur le régime des cours d'eau et le bilan hydrique;

b) l'influence qu'exercent sur le régime des cours d'eau et le bilan hydrique les

2) That the Secretary-General be requested to approach various international organizations concerned, in particular FAO and UNESCO, with a view to coordinating the work of WMO in this field with those of other organizations concerned and, if appropriate, developing joint activities with these organizations.

Recommendation 3.13/1

Rec. 9 (CHM-I)—ORGANIZATION OF METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL SERVICES

La commission for Hydrological Meteorology,

Noting Ecosoc Document No. E/3070;

Considering,

1) That this Document contains much useful information for Members;

2) That developments with regard to the organization at the national level of meteorological and hydrological services have taken place in some countries and that many countries have become independent states since the Document was prepared;

Recommends,

1) That the Secretary-General be requested to propose at the next Inter-Agency Meeting on Water Resource Development that arrangements be made for preparing an addendum to Document No. E/3070, with special attention to countries not included in the original Document;

2) That copies of the addendum be distributed to Members well in advance of the second session of the Commission.

Recommendation 4.1/1

Rec. 10 (CHM-I)—REGIONAL ASSOCIATION ACTIVITIES IN HYDROLOGICAL METEOROLOGY

modifications de l'utilisation du sol dans de petits et de grands bassins fluviaux.

2) D'inviter le Secrétaire général à entrer en pourparlers avec les diverses organisations internationales intéressées, plus particulièrement avec la FAO et l'UNESCO, en vue de coordonner les efforts de l'OMM dans ce domaine avec ceux des organisations intéressées et de mettre sur pied, s'il y a lieu, des programmes conjoints d'activités.

Recommendation 3.13/1

Rec. 9 (CHM-I) — ORGANISATION DES SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES

La commission de Météorologie Hydrologique,

Ayant pris note du Document N° E/3070 de l'ECOSOC; et

Considérant,

1) Que ce document renferme un grand nombre de renseignements utiles pour les Membres;

2) Que l'organisation, à l'échelon national, des services météorologiques et hydrologiques, a marqué des progrès dans certains pays, et que de nombreux pays sont devenue des états indépendants depuis que ce Document a été préparé;

Recommande,

1) D'inviter le Secrétaire général à demander à la prochaine Réunion inter-institutions sur le Développement des Ressources hydrauliques de prendre les dispositions nécessaires pour la préparation d'un additif au Document N° E/3070, en accordant une attention spéciale aux pays qui ne sont pas compris dans le document original;

2) De distribuer des exemplaires de l'additif aux Membres en temps utile avant la seconde session de la Commission.

Recommendation 4.1/1

Rec. 10 (CHM-I) — ACTIVITÉS DES ASSOCIATIONS RÉGIONALES EN MÉTÉOROLOGIE HYDROLOGIQUE

Considering that the Regional Associations can assist in the implementation at the Regional level of the programme of the World Meteorological Organization in hydrological meteorology; and

Noting with satisfaction that four of the Regional Associations have already established working groups in hydrological meteorology;

Recommends,

1) That Regional Associations be encouraged to pursue and intensify their activities in hydrological meteorology;

2) That special attention be given by the Regional Associations to the following problems:

a) The promotion of the establishment of regional networks of stations for hydrological meteorological purposes;

b) The preparation of climatic maps for hydrological purposes;

c) The operational exchange of data for hydrological meteorological purposes;

d) The application on a regional basis of meteorology to hydrological problems such as flood forecasting and computation of water balance, especially on international river basins;

e) The topics which might be dealt with at seminars on hydrological meteorology and the preliminary studies which may be required in this connection.

ANNEX I

Annex to paragraph 5.2 of General Summary

OUTLINE OF GUIDE ON HYDROLOGICAL METEOROLOGY

A. Introduction

Scope and purpose of the Guide.

B. Instruments and Observing Practices

1. Elements to be observed. (CHM-I/Doc.42, giving the Commission interpretation of the terms of reference, should be followed in selecting the elements).

2. Instruments (radar measurements of precipitation should be included).

Considérant que les Associations régionales peuvent prêter leur concours pour la mise en œuvre, à l'échelon régional, du programme de l'Organisation Météorologique Mondiale en météorologie hydrologique;

Notant avec satisfaction que quatre Associations régionales ont déjà créé des groupes de travail en météorologie hydrologique;

Recommande,

1) D'encourager les Associations régionales à poursuivre et à intensifier leurs activités dans le domaine de la météorologie hydrologique;

2) Aux Associations régionales d'accorder une attention spéciale aux problèmes suivants :

a) L'établissement de réseaux régionaux de stations de météorologie hydrologique;

b) La préparation de cartes climatiques pour les besoins de l'hydrologie;

c) L'échange pratique de données pour les besoins de la météorologie hydrologique;

d) L'application, sur une base régionale de la météorologie à des problèmes hydrologiques tels que la prévision des crues et le calcul du bilan hydrique, notamment dans les bassins fluviaux internationaux;

e) Les questions qui pourraient faire l'objet de cycles d'études sur la météorologie hydrologique et les études préliminaires pouvant être nécessaires dans ce contexte.

ANNEXE I

Annexe au paragraphe 5.2 du compte rendu sommaire

GRANDES LIGNES DU GUIDE DE MÉTÉOROLOGIE HYDROLOGIQUE

A. Introduction

Objet et but du Guide.

B. Instruments et méthodes d'observation

1. Éléments à observer. (Les indications du document CHM-I/Doc. 42, contenant l'interprétation par la Commission de ses propres attributions, devraient être suivies lorsque l'on choisira les éléments).

2. Instruments (les mesures de précipitation par radar devraient être incluses).

3. Methods of observation and related calculations. («Related calculations» is intended to include, for example, such matters as calculation of discharge from stage observations, and adjusting recording rain gauge data to agree with standard gauge observations).

4. Siting of stations.

Note: Elements should be treated separately and sub-sections 2-4 dealt with under each element.

Network Design

1. General Principles. (This sub-section should include guidance on the need for coordinated planning of precipitation, stream flow and evaporation networks).

2. Density levels of networks. (Requirements for various degrees of accuracy—see section on Agenda Item 3.2).

Note: This main section should deal with network requirements for both basic data collection and operational forecasting.

Collection, Processing and Publication of Data

1. Collection.

a) Reporting procedures (report forms, frequency, etc.);

b) Quality control;

c) Storage and cataloguing (including use of punched cards and tape).

2. Processing.

a) Routine analyses (for example, plotting of monthly isohyetal maps, of hydrographs, means, standard deviations);

b) Preparation of maps of water balance elements (requirements, maps of precipitation, evaporation, runoff, etc.).

3. Publication—bulletins, yearbooks, etc. (requirement, format, frequency, units—see section on publication and exchange of data—Agenda Item 3.3).

Note: This main section should be concerned with both planning and design, and with operational requirements.

3. Méthodes d'observation et calculs y relatifs. (Les «calculs y relatifs» comprennent par exemple le calcul du débit à partir des hauteurs d'eau observées et la correction des enregistrements des pluviographes pour rendre leurs indications homogènes à celles des pluviomètres à lecture directe).

4. Emplacement des stations.

Note : Les éléments devraient être étudiés séparément et les sous-paragraphes 2-4 inclus pour chaque élément.

C. Planification des réseaux

1. Principes généraux. (Il conviendrait d'inclure dans ce sous-paragraphes des principes directeurs en vue de procéder à la planification coordonnée des réseaux relatifs à la précipitation, au débit des cours d'eau et à l'évaporation).

2. Densité du réseau d'observation. (Densité requise pour obtenir divers degrés de précision et normes minimum recommandées — voir mesures proposées au point 3.2 de l'Ordre du jour).

Note : Ce paragraphe traitera des dispositions requises tant pour les mesures d'ordre synoptique que pour les mesures complémentaires destinées à la prévision.

D. Collecte, dépouillement et publication des données

1. Collecte.

a) Procédure d'enregistrement des mesures (forme des tableaux de relevés, fréquence de ceux-ci, etc.).

b) Contrôle de la valeur des mesures.

c) Archivage et nomenclature des relevés (y compris cartes perforées et rubans magnétique).

2. Dépouillement.

a) Dépouillements ordinaires (par exemple : tracé des cartes mensuelles d'isohyètes, des hydrogrammes, calcul des écarts types).

b) Préparation des cartes donnant les éléments du bilan hydrologique (conditions, cartes de précipitation, évaporation, écoulement, etc.).

3. Publications : bulletins, annuaires, etc. (Besoins, format, fréquence, unités) — voir publication et échange des données — Point 3.3 de l'Ordre du jour).

Note : Ce paragraphe traiterait à la fois des données nécessaires au projet et à l'exploitation des ouvrages.

E. *Methods of Analysis*

This main section should include the empirical, statistical, and physical analyses required for such applications as are considered in sections F and G. It should include guidance on analyses of flood producing storms (Agenda Item 3.4), unit hydrograph derivation, rainfall-intensity-duration frequency studies and other matter suggested in CHM-I/Doc. 13, APPENDIX A, and CHM-I/Doc. 21.

F. *Hydrological Forecasting*

1. Objectives and general concepts (the value to various users should be included).

2. Classification of types of forecasts and warnings (annual, seasonal, short term, ice forecasting, etc.).

3. Forecasting Methods. (Among the sub-headings should be included such questions as rainfall-runoff correlations, snowmelt-runoff computations, ice forecasting, unit hydrograph applications, flood routing, confidence limits of forecasts).

4. Verification and evaluation of forecasts. (In addition to methods of verification of individual forecasts, this sub-section should include an appraisal of the relative merits of various forecasting methods under different conditions).

5. Hydrological forecasting services:

- a) Organization;
- b) Dissemination of forecasts and warnings.

G. *Applications to Water Resource Development*

The purpose of this main section is to provide guidance on the uses of the analysis methods outlined in section E in appraising the water resource potential of a region and in carrying out basic hydrological studies required in the design of projects for the development and control of water resources. Some examples of such application are spillway design flood determinations for reservoir design, and rainfall intensity frequency studies for small watershed and urban drainage design.

E. *Méthodes d'analyse*

Ce paragraphe traiterait des méthodes d'analyses empiriques, statistiques et physiques requises par les applications envisagées dans les paragraphes F et G. Il comprendrait quelques suggestions pour l'analyse des averses produisant les crues (Point 3.4 l'Ordre du jour), la détermination de l'hydrogramme unitaire, courbes «intensité-fréquence-durée» des averses et d'autres questions proposées dans les CHM-I/Doc. 13, Appendice A et CHM-I/Doc. 21,

F. *Prévisions hydrologiques*

1. Objectifs et principes généraux (les valeurs pour les différents usagers devraient être inclues).

2. Classification des types de prévisions (d'alerte (annuelle, saisonnière, court terme, prévision de glaces, etc.).

3. Méthodes de prévision. (Il y aurait lieu d'inclure dans les sous-titres des questions telles que la corrélation «pluie-débit», calcul du débit de fonte de neige, prévision de glaces, application de l'hydrogramme unitaire, propagation des crues, limites de confiance de la prévision).

4. Vérification et évaluation des prévisions. (Outre la méthode de vérification de prévisions individuelles, ce sous-paragraphe devrait comprendre une estimation des avantages relatifs des diverses méthodes de prévision pour différentes conditions d'emploi).

5. Services de prévision hydrologique

- a) Organisation
- b) Diffusion des prévisions et des alertes.

G. *Applications de la météorologie hydrologique à la mise en valeur des ressources hydrauliques*

L'objet de ce paragraphe est de prévoir des principes directeurs servant à l'utilisation des méthodes d'analyse esquissées dans le paragraphe E pour l'estimation du potentiel hydraulique d'une région et pour la réalisation des études hydrologiques fondamentales nécessaires pour la préparation des projets de mise en valeur et de contrôle des ressources hydrauliques. A titre d'exemple, signaler l'application de telles données à l'estimation de la capacité à donner à l'évacuateur de crue d'un réservoir, et aux études d'intensité de fréquence des chutes de pluie pour l'aménagement de petits bassins hydrographiques et de rainage urbain.

ANNEXE II

ANNEXE AU PARAGRAPHE 3.8 DU COMPTE RENDU SOMMAIRE

SHORT LIST OF HYDROLOGIC TERMS — LISTE SUCCINCTE DE TERMES HYDROLOGIQUES

fluent	affluent
airline correction	correction d'obliquité (partie aérienne du câble de suspension)
alluvium	alluvion
annual flood	crue annuelle
aquifer	aquifère
area-depth-curve	courbe surface-hauteur
area-discharge curve	courbe surface-débit
artesian	artésien
backwater	remous
bank	berge
barrage	barrage
base flow	débit de base
basin	bassin
bed load	charriage de fond
brook	ruisseau
by-pass	canal de dérivation
canal	canal
catchment area	bassin versant
channel	chenal
chute	chute
climatic year	année climatique
concentration time	temps de concentration
cone of depression	cône de dépression
critical depth	profondeur critique
current	courant
current meter	moulinet hydrométrique
cut-off	coupure
dam	barrage, digue
degradation	creusement
delta	delta
depth gauge	échelle limnimétrique
design flood	crue servant au calcul
design storm	averse servant au calcul
dike	digue
discharge	débit
ditch	fossé
drought	sécheresse
duration curve	courbe de débit classé
echo-sounder	sondeur par écho
eddy	tourbillon
embankment	berge
energy gradient	gradient d'énergie
erosion	érosion
estuary	estuaire
evaporation	évaporation

Evapo-transpiration
 flood
 flood forecasting
 flood frequency
 flood routing
 flow
 flume
 freshet
 gauging station
 ground water
 head
 head waters
 hook gauge
 hydraulic
 hydrograph
 hydrologic cycle
 hydrology
 hydrometeorology
 inclined gauge
 infiltration
 inflow
 interception
 isohyet
 lag time
 levee
 limnology
 lysimeter
 mass curve
 meander
 nappe
 outflow
 percolation
 permafrost
 permeability
 pier
 Pitot tube
 plateau
 pluviograph
 polder
 pond
 pool
 porosity
 potamology
 precipitation
 raingauge
 rapids
 reservoir
 retardation
 river
 roughness coefficient
 runoff
 saturation
 scour

évapotranspiration
 crue
 prévision des crues
 fréquence des crues
 propagation des crues
 écoulement
 canal (de mesure)
 courant d'eau douce
 poste de jaugeage
 eau souterraine
 charge (hauteur)
 hautes eaux
 pointe limnimétrique
 hydraulique
 hydrogramme
 cycle hydrologique
 hydrologie
 hydrométéorologie
 échelle inclinée
 infiltration
 écoulement affluent
 interception
 isohète
 temps de réponse
 digue
 limnologie
 lysimètre
 courbe cumulée
 méandre
 nappe
 effluent
 percolation
 permafrost
 perméabilité
 jetée, digue
 tube de Pitot
 plateau
 pluviomètre enregistreur
 polder
 étang
 mare
 porosité
 potamologie
 précipitation
 pluviomètre
 rapides
 réservoir
 retard
 cours d'eau
 coefficient de rugosité
 écoulement
 saturation
 affouillement

sédimentation
 repage
 seiche
 silt
 silt gauge
 sol
 sol moisture
 sondage
 spillway
 spring
 staff gauge
 stage
 stage-discharge curve
 storage
 storm
 stream
 stream gauging
 suspended load
 swamp
 thalweg
 thaw
 Thiessen polygon
 transpiration
 tributary
 time of travel
 unit hydrograph
 valley
 valley storage
 velocity of flow
 water demand
 water-level recorder
 watershed
 waterway
 wave
 weir
 well

sédimentation
 infiltration
 seiche
 silt (sable très fin)
 nivomètre
 sol
 humidité du sol
 sondage
 déversoir
 source
 échelle de crue
 niveau
 courbe de tarage
 emmagasinement
 averse
 cours d'eau
 jaugeage des cours d'eau
 matériaux en suspension
 marécage
 thalweg
 dégel
 polygone de Thiessen
 transpiration
 tributaire, affluent
 temps de propagation
 hydrogramme unitaire
 vallée
 stockage de vallée
 vitesse du courant
 demande d'eau
 limnigraphe (limnimètre enregistreur)
 bassin versant
 cours d'eau (naturel ou artificiel)
 onde
 déversoir
 puits

LISTE DES DOCUMENTS DISTRIBUÉS
AVANT ET APRÈS LA PREMIÈRE SESSION DE LA COMMISSION DE
MÉTÉOROLOGIE HYDROLOGIQUE

Numéro du document	Titre	Point de l'Ordre du jour	Présenté par
1 REV. 1 1 REV. 1 ADD. 1	Ordre du jour provisoire révisé	1.3	
2	Mémoire explicatif relatif à l'Ordre du jour provisoire	1.3	
2 ADD. 1 2 ADD. 2 2 ADD. 3			
3	Opportunité de maintenir en fonction une Commission distincte des instruments et des instruments et des méthodes d'observation	4.2.1	Secrétaire général
4	Prévisions hydrologiques	3.1	Secrétaire général
5	Association internationale d'hydrologie scientifique	4.4	Secrétaire général
6	Activités des associations régionales en météorologie hydrologique	4.1	Secrétaire général
7	Contenu des atlas climatiques en ce qui concerne la mise en valeur des ressources hydrauliques	3.5	Secrétaire général
8	Influence de l'utilisation du sol	3.9.2	Secrétaire général
9	Systèmes d'observation par radar	3.9.1	Secrétaire général
10	Précision des mesures requises en météorologie hydrologique	3.10	Secrétaire général
11	Insertion d'un chapitre sur la météorologie hydrologique dans la publication OMM N° 8. TP. 3 (Groupe de travail des instruments hydro-météorologiques de la CIMO)	4.2.2	Secrétaire général
11 ADD. 1 12	Elaboration de dispositions concernant la météorologie hydrologique pour le règlement technique	5.1	Secrétaire général
13	Préparation d'un Guide international des pratiques de météorologie hydrologique	5.2	Secrétaire général
14	Cycles d'études et colloques internationaux	5.3	Secrétaire général
15	Rapport du Président de la Commission de météorologie hydrologique	2	Président de la CMH
15 ADD. 1 16	Normalisation de la terminologie, des codes et des unités	3.8	Président de la CMH
17	Organisation des Nations Unies et autres institutions spécialisées	4.3	Secrétaire général
18	Prévisions hydrologiques	3.1	Suisse
19	Réseaux hydrométéorologiques	3.2	Suisse

20	Publication et échange des données	3.3	Suisse
21	Facteurs météorologiques intéressant l'hydraulique	3.12	Australie
22	Publication et échange des données	3.3	Secrétaire général
23	Avis et prévisions d'avalanches de neige	3.6	Secrétaire général
23 ADD. 1			
23 ADD. 2			
24	Réseaux hydrométéorologiques	3.2	Président de la CMH
25	Analyse et publication des données sur les perturbations atmosphériques provoquant des inondations	3.4	Président de la CMH
25 CORR. 1			
25 ADD. 1			
26	Etude des seiches	3.7	Président de la CMH
27	Organisation des travaux d'hydrométéorologie dans les différents pays	3.13	République fédérale d'Allemagne
28	Réseaux hydrométéorologiques	3.2	Secrétaire général
29	Avis et prévisions d'avalanches de neige	3.6	Secrétaire général
30	Recommandations adoptées à la première Conférence interafricaine sur l'hydrologie	3.14	Secrétaire général
31	Prévisions hydrologiques	3.1	Canada
32	Analyse et publication des données sur les perturbations atmosphériques provoquant des inondations	3.4	Canada
33	Analyse et publication des données sur les perturbations atmosphériques provoquant des inondations	3.4	Etats-Unis
34	Température naturelle de l'eau (Surface Water Survey)	4.2.2	Royaume-Uni
35	Publication et échange de données — Emissions sur la quantité des précipitations	3.3	Israël
36	Importance des stations fluviométriques, des données relatives à l'écoulement des eaux, et des prévisions hydrologiques pour la planification, la conception et le fonctionnement des installations sanitaires	3.1 et 3.3	Bureau régional pour les Amériques, de l'OMS
37	Mesures de l'évaporation et moyens de prévenir les pertes d'eau par évaporation	3.11	Inde
38	Rapport du Comité A à la Séance plénière sur le Point 3.1 — Prévisions hydrologiques	3.1	Président du Comité A
39	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 4.2.1 — Opportunité de maintenir en fonction une Commission distincte des instruments et des méthodes d'observation	4.2.1	Président du Comité B
40	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le point 4.2.2 — Insertion d'un chapitre sur la météorologie hydrologique dans la publication OMM N° 8 TP 3	4.2.2	Président du Comité B
41	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le point 3.12 — Facteurs météorologiques intéressant l'hydraulique	3.12	Président du Comité B

42	Rapport du Sous-Comité à la Commission Plénière sur le Point 5.7	5.7	
43	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 4.1 — Activités des Associations régionales en météorologie hydrologique	4.1	Président du Comité B
44	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 4.3 — Nations Unies et Institutions spécialisées	4.3	Président du Comité B
45	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 4.4 — Association internationale d'hydrologie scientifique	4.4	Président du Comité B
46 REV. 1	Rapport du Comité A à la Commission Plénière sur le Point 3.3 — Publication et échange de données	3.3	Président du Comité A
47	Rapport du Comité A à la Commission Plénière sur le Point 3.4 — Analyse et publication des données sur les perturbations atmosphériques provoquant des inondations	3.4	Président du Comité A
48	Rapport du Comité A à la Commission Plénière sur le Point 3.6 — Avis et prévisions d'avalanches de neige	3.6	Président du Comité A
49	Rapport du Comité A à la Commission Plénière sur le Point 3.7 — Etude des seiches	3.7	Président du Comité A
50	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 3.10 — Précision des mesures requise en météorologie hydrologique	3.10	Président du Comité B
51	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 3.13 — Organisation des travaux d'hydrométéorologie dans les différents pays	3.13	Président du Comité B
52	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 5.1 — Elaboration de dispositions concernant la météorologie hydrologique pour le Règlement technique	5.1	Président du Comité B
53	Rapport du Comité A à la Commission Plénière sur le Point 3.11 — Mesures de l'évaporation et moyens de prévenir les pertes d'eau par évaporation	3.11	Président du Comité A
54	Rapport du Comité A à la Commission Plénière sur le Point 3.9.1 — Système d'observation par radar	3.9.1	Président du Comité A
55	Rapport du Comité A à la Commission Plénière sur le Point 2 — Rapport du Président de la Commission	2	Président du Comité A
56	Rapport du Comité A à la Commission Plénière sur le Point 3.9.2 — Influence de l'utilisation du sol	3.9.2	Président du Comité A
57	Rapport du Comité A à la Commission Plénière sur le Point 3.2 — Réseaux hydrométéorologiques	3.2	Président du Comité A
58	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 3.5 — Contenu des atlas climatiques en ce qui concerne la mise en valeur des ressources hydrauliques	3.5	Président du Comité B

9	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 3.8 — Normalisation de la terminologie, des codes et des unités	3.8	Président du Comité B
0	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 3.14 — Recommandations adoptées à la première Conférence hydrologique inter-africaine	3.14	Président du Comité B
1	Rapport du Comité chargé de désigner les membres des groupes de travail	5.4	Président du Comité
2	Election du Bureau — Rapport du Comité des nominations	5.5	Président
3	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 5.2 — Préparation d'un Guide international de météorologie hydrologique	5.2	Président du Comité B
4	Rapport du Comité B à la Commission Plénière sur le Point 5.3 — Cycles d'études et colloques internationaux	5.3	Président du Comité B

Forges de la Providence

Société anonyme au capital de 1.904 millions de francs
SIEGE SOCIAL : MARCHIENNE-AU-PONT (Belgique)
Capacité de production d'acier : 1.300.000 tonnes par an



USINES A MARCHIENNE-AU-PONT :

Fours à coke, hauts fourneaux, aciérie Thomas, aciérie électrique, laminoirs, fonderies.

USINES A FONTAINE-L'EVEQUE (Belgique)

Tréfileries.

USINES A REHON (Meurthe-et-Moselle, France)

Hauts fourneaux, aciérie Thomas, aciérie électrique, laminoirs, fonderies.

USINES A HAUTMONT (Nord-France)

Aciérie Martin, laminoirs, tôlerie, fonderies.



Agence à PARIS : 14, rue de la Pépinière (VIII^e)

Dépôts à BRUXELLES : 36, quai des Charbonnages

LILLE : 190, rue de la Bassée



La vente des produits de la Société est confiée en Belgique :

au Comptoir des Aciéries belges à Seraing

pour le matériel de voie lourd ;

à l'Union Commerciale de Sidérurgie « UCOSIDER »,

60, rue Royale, à Bruxelles

pour les autres produits sidérurgiques ;

aux Forges de la Providence, Division Tréfilerie, à Fontaine-l'Evêque
pour les produits tréfilés ;

à l'Usine de Marchienne-au-Pont

pour les sous-produits.

German Water Engineering

Independent Consultants

Water supply

Sewage disposal

River engineering

Agricultural water engineering

Irrigation

Drainage

Control of water borne diseases by water engineering

Investigations

Expertises

Economy-investigations

Planning and design

Geology

Geo-physics

Hydro-geology

German Water Engineering GmbH

13 Maybachstrasse, Essen-Bredeney, Fed. Rep. of Germany

PUBLICATIONS DE L'A. I. H. S.

encore disponibles

I. COMPTES-RENDUS ET RAPPORTS

Publ. n° 3	— 1926 — Notes et communications	50	F Belges
Publ. n° 6	— Rapports sur l'état de l'hydrologie	25	»
Publ. n° 7	— Id.	25	»
Publ. n° 8	— Id.	25	»
Publ. n° 9	— 1927 — Note et communications	50	»
Publ. n° 13	— 1930 — Réunion du Comité Exécutif	25	»
Publ. n° 14	— 1930 — Commission des Glaciers	25	»
Publ. n° 15	— 1930 — Rapports italiens : Stockholm	50	»
Publ. n° 17	— 1931 — Communications à Stockholm	50	»
Publ. n° 18	— 1930 — Réunion de Stockholm	25	»
Publ. n° 19	— 1931 — Etudes diverses	75	»
Publ. n° 21	— 1934 — Réunion de Lisbonne	50	»
Publ. n° 23	— 1937 — Réunion d'Edimbourg (Neiges et Glaces)	300	»
Publ. n° 27	— 1939 — Washington. Conférence de la Table Ronde sur les possibilités d'utilisation des laboratoires d'hydrauliques pour les recherches hydrauliques	75	»

Assemblée d'Oslo 1948

Publ. n° 28	— Résumé des rapports	25	»
Publ. n° 29	— Tome I — Potamologie et Limnologie	200	»
Publ. n° 30	— Tome II — Neiges et Glaces	200	»
Publ. n° 31	— Tome III — Eaux Souterraines	200	»
	Les 4 tomes ensemble	550	»

Assemblée de Bruxelles 1951

Publ. n° 32	— Tome I — Neiges et Glaces	300	»
Publ. n° 33	— Tome II — Eaux Souterraines et Erosion	250	»
Publ. n° 34	— Tome III — Eaux de Surface	350	»
Publ. n° 35	— Tome IV — Symposia sur Zones Arides et crues	125	»
	Les 4 tomes ensemble	900	

Assemblée de Rome 1954

Publ. n° 36	— Tome I — Erosion du Sol, Précipitations, etc.	300	»
Publ. n° 37	— Tome II — Eaux Souterraines	450	»
Publ. n° 38	— Tome III — Eaux de surface	425	»
Publ. n° 39	— Tome IV — Neiges et Glaces	375	»
	Les 4 tomes ensemble	1350	»

Symposia Darcy — Dijon 1956

Publ. n° 40	— Evaporation	100	»
Publ. n° 41	— Eaux souterraines	250	»
Publ. n° 42	— Crues	300	»
	Les 3 tomes ensemble	550	»

Assemblée de Toronto 1957

Publ. n° 43 — Erosion du sol — Précipitation	300	»
Publ. n° 44 — Eaux souterraines — Infl. Végétation — Rosée	300	»
Publ. n° 45 — Eaux de surface — Evaporation	300	»
Publ. n° 46 — Neiges et Glaces	300	»
Les 4 tomes ensemble	1100	»
Publ. n° 47 — Symposium de Chamonix, Physique du mouvement de la glace	300	»
Publ. n° 48 — Symp. Hannoversch Münden. Eau et Forêts	300	»
Publ. n° 49 — Symp. Hannoversch Münden. Lysimètres	150	»
Publ. n° 50 — Légende des cartes hydrogéologiques du Marve	50	

Assemblée de Helsinki 1960

Publ. n° 51 — Eaux de surface	350	
Publ. n° 52 — Eaux souterraines	350	»
Publ. n° 53 — Erosion continentale, Précipitation, Evaporation sous presse	350	»
Publ. n° 54 — Neiges et Glaces	350	»
Publ. n° 55 — Colloque sur l'Antarctique	150	»
Publ. n° 56 { Colloque Athènes	500	»
Publ. n° 57 {		

II. BIBLIOGRAPHIE HYDROLOGIQUE

1934 (Egypte, France, Indes, Italie, Lettonie, Maroc, Pays Baltes, Roumanie, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Tunisie, Pologne — en 1 vol.

100 F Belges

<i>Argentine</i>	<i>Pays-Bas</i>	<i>Japon</i>
début à 1954 — 25 FB.	1934 — 20 FB.	1935 — 20 FB.
	1935-1936 — 35 FB.	1936 — 10 FB.
	1937 — 20 FB.	
	1938-1947 — 30 FB.	
<i>Allemagne</i>	<i>Portugal</i>	<i>Maroc</i>
1936 — 25 FB.		1935-1936 — 10 FB.
1937 — 20 FB.		Bibl. Eaux Souter.
1945-1949 — 30 FB.	1924-1954 — 40 FB.	30 FB.
1950 — 30 FB.		
1951 — 35 FB.		
1952 — 35 FB.		
1953 — 35 FB.		
1954 — 35 FB.		
1955 — 40 FB.		
1956 — 40 FB.		
1957 — 40 FB.		
<i>Egypte</i>	<i>Afrique du Sud</i>	<i>Pologne</i>
début à 1954 — 10 FB.	1940-1950 — 25 FB.	1935 — 20 FB.
		1936 — 25 FB.
		1937 — 20 FB.
		1938 — 20 FB.
		1945-1948 — 35 FB.
		1949 — 30 FB.
		1950 — 30 FB.
		1951 — 30 FB.
		1952 va paraître
		1953 — 30 FB.
		1954 — 30 FB.
		1956 — 35 FB.
		1957 — 35 FB.
<i>Etats-Unis (+ Canada)</i>	<i>Autriche</i>	
1936 — 30 FB.	1934 — 10 FB.	
1937 — 30 FB.	1935 — 10 FB.	
1938 — 30 FB.	1936 — 10 FB.	
1939 — 30 FB.	1945-1955 — 30 FB.	
1940 — 30 FB.		
1941-1950 — 100 FB.		
1951-1954 — 60 FB.		
	<i>Bulgarie</i>	
	1935 — 10 FB.	
	1936 — 10 FB.	
	1937 — 10 FB.	
	<i>Espagne</i>	
	1940-1950 — 25 FB.	
	1951-1952 — 10 FB.	
		<i>Australie</i>
		1937 — 10 FB.

<i>Italie</i>	<i>Lettonie</i>	<i>Canada</i>
1935-1936 — 20 FB.	1934-1938 — 30 FB.	jusque 1958 — 30 FB.
1937-1953 — 30 FB.		
	<i>France</i>	<i>Belgique</i>
	935-1936 — 25 FB.	1935 — 10 FB.
<i>Lithuanie</i>	937 — 15 FB.	1936 — 10 FB.
	1938 — 15 FB.	1937 — 20 FB.
1935-1938 — 40 FB.	1946-1951 — 20 FB.	1938-1947 — 40 FB.
	1952 — 20 FB.	1948-1952 — 30 FB.
	1953-1955 — 30 FB.	1952-1957 va paraître
<i>Danemark</i>		
1937-1947 — 20 FB.	<i>Norvège</i>	<i>Tchécoslovaquie</i>
	1940-1950 — 20 FB.	1935 — 25 FB.
<i>Esthonie</i>		1936 — 25 FB.
	<i>Suède</i>	1938 — 35 FB.
1936-1938 — 25 FB.	1935-1936 — 10 FB.	1939 — 35 FB.
	1937 — 10 FB.	1940 — 35 FB.
<i>Grande-Bretagne</i>	1939-1947 — 20 FB.	1941 — 35 FB.
	1948-1952 — 15 FB.	1942 — 35 FB.
1936-1937 — 20 FB.	1953-1956 — 50 FB.	1956 — 40 FB.
		1957 — 40 FB.
		1958 — 40 FB.
<i>Indes</i>	<i>Suisse</i>	<i>Yougoslavie</i>
1936-1952 — 60 FB.	1939-1947 — 30 FB.	du début à 1954-20 FB.
	1948-1952 — 30 FB.	
<i>Irlande</i>	1952-1954 — 30 FB.	<i>Hongrie</i>
	1955-1957 — 30 FB.	1945-1954 — 50 FB.
1934-1949 — 10 FB.	<i>Finlande</i>	<i>Israël</i>
	jusque 1959 — 35 FB.	1945-1949 — 20 FB.
<i>U R S S</i>		1949-1955 — 25 FB.
1954-1957 — 35 FB.	} en russe.	
1957-1960 — 35 FB.		

III. BULLETIN DE L'ASSOCIATION D'HYDROLOGIE

Ce bulletin paraît quatre fois l'an depuis 1956. Il comprend une partie réservée à l'information et une partie scientifique.

Prix de l'abonnement : 250 FB.

IV. PUBLICATIONS DIVERSES

1. Quelques études présentées à Washington 1939	50 F Belges
2. Crues de 1954 — 1 publ. autrichienne	40 »
3. Rapports de l'Inde au Symposia Darcy à Dijon	50 »
4. Classification décimale hydrologique en Pologne	25 »

(T 100) Établissements Ceuterick, s.c., 153, rue de Bruxelles, Louvain
Dir. L. Pitsi, 25, rue Dagobert, Louvain (Belgique)

PRINTED IN BELGIUM

